

UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO

EDIVAN UCHÔA CAVALCANTI DA COSTA

**CARACTERIZAÇÃO E GÊNESE DE LATOSSOLOS COM CARÁTER
COESO EM BREJO DE ALTITUDE PERNAMBUCANO**

**Recife
2017**

Edivan Uchôa Cavalcanti da Costa
Engenheiro Agrônomo

Caracterização e gênese de Latossolos Amarelos com caráter coeso em Brejo de Altitude pernambucano

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia - Ciências do Solo da Universidade Federal Rural de Pernambuco, como parte dos requisitos para obtenção do título de Doutor em Agronomia - Ciências do Solo.

Orientador: Prof. Dr. Marcelo Metri Corrêa
Co-orientadores: Prof. Dr. Brivaldo Gomes de Almeida; Prof. Dr. Valdomiro Severino de Souza Júnior

Recife
2017

Autorizo a reprodução e divulgação total ou parcial deste trabalho, por qualquer meio convencional ou eletrônico, para fins de estudo e pesquisa, desde que citada a fonte.

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Sistema Integrado de Bibliotecas da UFRPE
Biblioteca Central, Recife-PE, Brasil

C837c Costa, Edivan Uchôa Cavalcanti da
Caracterização e gênese de latossolos com caráter coeso em brejo de altitude pernambucano / Edivan Uchôa Cavalcanti da Costa. – 2017.
108 p.: il.

Orientador: Marcelo Metri Corrêa.
Coorientadores: Brivaldo Gomes de Almeida, Valdomiro Severino de Souza Júnior.
Tese (Doutorado) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Programa de Pós-Graduação em Ciências do Solo, Recife, BR-PE, 2017.
Inclui referências e apêndice(s).

1. Cimentação 2. Caráter coeso 3. Coesão 4. Pedogênese
I. Corrêa, Marcelo Metri, orient. II. Almeida, Brivaldo Gomes de, coorient. III. Souza Júnior, Valdomiro Severino de, coorient.
IV. Título

CDD 631.4

EDIVAN UCHÔA CAVALCANTI DA COSTA

Caracterização e gênese de Latossolos Amarelos com caráter coeso em Brejo de Altitude pernambucano

Tese apresentada ao programa de Pós-graduação em Agronomia - Ciências do Solo da Universidade Federal Rural de Pernambuco, como parte dos requisitos para obtenção do título de Doutor em Agronomia - Ciências do Solo.

Aprovada em 24 de fevereiro de 2017

Prof. Dr. Marcelo Metri Corrêa (UFRPE-UAG)
Orientador
Universidade Federal Rural de Pernambuco – UAG

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Valdomiro Severino de Souza Júnior
Universidade Federal Rural de Pernambuco - DEPA

Prof. Dr. Mateus Rosas Ribeiro Filho
Universidade Federal Rural de Pernambuco - DEPA

Dr. Jean Cheyson Barros dos Santos
Universidade Federal Rural de Pernambuco - PNPD

Dr. José Coelho de Araújo Filho
Embrapa Solos

A todos nos quais passaram pela minha vida, nos quais me constituíram, porém, agora já não estão mais conosco.

A ciência é um caminho feita de degraus nos quais se chega ao real conhecimento, mas até lá, muitos degraus deverão ser construídos e o caminho muitas vezes é tortuoso.

Edivan Uchôa

Caracterização e gênese de Latossolos Amarelos com caráter coeso em Brejo de Altitude pernambucano

RESUMO

Alguns solos apresentam horizontes ou camadas subsuperficiais que ao secarem endurecem expressivamente mais do que outros horizontes ou camadas, porém quando umedecidos tornam-se friáveis novamente, sendo chamados por isso de solos coesos ou com caráter coeso. Esses solos ocorrem em áreas de grande importância socioeconômica e são muito utilizados na agricultura. Porém, o horizonte coeso dificulta o aprofundamento de raízes, limitando a absorção de água e nutrientes pelas plantas, pois causa alterações no potencial mátrico do solo, na temperatura e na resistência do solo à penetração de raízes. A gênese do coeso é desconhecida, muitas hipóteses surgiram para desvendar, tais como translocação de argilas finas a muito finas, ajustamento face a face dos flocos da caulinita, baixos teores de Fe_2O_3 , materiais amorfos atuando como agentes de coesão e empacotamento da fração areia pobremente selecionada. Com isso, objetivou-se caracterizar Latossolos Amarelos com caráter coeso em topossequêcia em Brejo de Altitude pernambucano, procurando avançar no entendimento da gênese deste caráter, avaliando os possíveis mecanismos físicos, químicos e mineralógicos que promovem a coesão de horizontes e camadas coesas. Não foi observado uma propriedade que explicasse a gênese do coeso, mas percebeu-se que está mais ligado a características físicas do que com químicas, pois os elementos Si e Al, obtidos pelos extratos de oxalato ácido de amônio do experimento foram baixos e as variações nos seus teores não justificam a manifestação da coesão. As curvas de retenção de água do solo não foram sensíveis para distinguir os horizontes coesos dos demais horizontes, sendo a resistência a penetração (na umidade de 33 e 100 KPa) a análise física de maior eficiência para essa distinção. O protocolo metodológico de extração seletiva de Si, Al e Fe em amostras indeformadas foi satisfatório, cujos teores extraídos com oxalato ácido de amônio foram semelhantes ao extraído na TFSA.

Palavras-chave: Cimentação. Caráter coeso. Coesão. Pedogênese.

Characterization and genesis of Oxisols with character coeso in “Brejo de Altitude” in the state of Pernambuco

ABSTRACT

Some soils have horizons or subsurface layers that expressly dry out more than other horizons or layers, however, becoming younger, becoming therefore called cohesive or soils with cohesive character. These soils occur in areas of great socioeconomic importance and are widely used in agriculture. However, the cohesive horizon makes it difficult to deepen roots, limiting the absorption of water and nutrients by plants, because it causes alterations in soil matric potential, temperature, and soil resistance to root penetration. The genesis of cohesion is unknown, many hypotheses have emerged to unravel, such as translocation of thin to very fine clays, face-to-face adjustment of the kaolinite flakes, low Fe_2O_3 contents, amorphous materials acting as cohesive agents and packaging the sand fraction poorly selected. The objective of this study was to characterize Yellow Latosols with a cohesive character in topossequence in the Pernambuco highland, seeking to advance in the understanding of the genesis of this character, evaluating the possible physical, chemical and mineralogical mechanisms that promote the cohesion of horizons and cohesive layers. A property that explains the genesis of cohesion was not observed, but it was perceived that it is more related to physical characteristics than to chemistry, since the Si and Al elements obtained by the acid ammonium oxalate extracts from the experiment were low and the variations in their contents do not justify the manifestation of cohesion. The water retention curves of the soil were not sensitive to distinguish the cohesive horizons from the other horizons. The penetration resistance (in the humidity of 33 and 100 KPa) was the most efficient physical analysis for this distinction. The methodological protocol for selective extraction of Si, Al and Fe in undisturbed samples was satisfactory, whose contents extracted with ammonium acid oxalate were similar to those extracted in the air dried soil samples.

Keywords: Cementation. Cohesive character. Cohesion. Pedogenesis.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Esquema de chuvas orográficas que ocorrem em um Brejo de Altitude...	23
Figura 2 - Remanescentes dos Brejos de Altitude no Nordeste. Fonte: Marques, Silva e Silva (2014).	24
Figura 3 - Mapa do Município de Brejão. A = localização do Município com os pontos de coleta; B - imagem de satélite mostrando a localização de cada perfil; C - mapa de elevação da área de estudo com a locação dos perfis.	29
Figura 4 - Esquema da situação das trincheiras na topossequência, onde P1 = Perfil 1 - terço inferior da encosta, P2 e P3 = Perfil 2 e Perfil 3, respectivamente - terço médio da encosta e P4 = Perfil 4 - topo da encosta (baseado no Google Earth e dados de GPS).	31
Figura 5 - Índices de cristalinidade da caulinita. Figuras extraídas de Corrêa (2005).	36
Figura 6 - Corte do perfil após retirado o horizonte A para retirada de amostras indeformadas em anéis.	38
Figura 7 - Esquema da estrutura usada na lixiviação de possíveis agentes de coesão.	38
Figura 8 - Estrutura utilizada para lixiviação de possíveis agentes de coesão.	39
Figura 9 - Estrutura com proteção em papel alumínio utilizada para lixiviação de possíveis agentes de coesão quando utilizado o ácido oxalato de amônio (reagente de Tamen).	40
Figura 10 - Distribuição e classificação dos horizontes do P1.	44
Figura 11 - Distribuição e classificação dos horizontes do P2.	45
Figura 12 - Distribuição e classificação dos horizontes do P3.	45
Figura 13 - Distribuição e classificação dos horizontes do P4.	46
Figura 14 - Raiz crescendo paralelamente sobre o horizonte coeso.	49
Figura 15 - Relação entre a argila dispersa em água (ADA) e argila fina desferrificada de todos os horizontes estudados. Coeficiente $r = 0,93$ quando é considerado apenas os horizontes que dispersaram.	62

- Figura 16 - Espectros de difratometria de raios-X da argila natural (sem tratamentos) dos solos estudados. Abreviações de acordo com Whitney e Evans (2010), em que Kln = caulinita, Gth = Goethita e Qz = quartzo. 64
- Figura 17 - Imagens das lâminas de micromorfologia. A = distribuição enáulica (Z1) e porfírica (Z2) (Bw2-P1); B = distribuição porfírica (Bw1-P3); C = nódulo de ferro (BA-P2); D = microestrutura em blocos (BA-P1); E = maciça, poros fissuras (AB/BA-P4); F = excremento em cavidade (A2AB-P1); G = fábrica birrefringente (Bw1-P2); H = fábrica birrefringente revestimento (AB/BA-P4). G e H obtidas em luz cruzada; os restantes obtidos em iluminação planar. 67
- Figura 18 - Curvas de retenção de água do solo das amostras indeformadas após serem lixiviadas, comparando os horizontes A3, BA e Bw do perfil 4 em cada extrator. 80
- Figura 19 - Intervalo de confiança (95 %) dos parâmetros de ajuste da curva de retenção de água do solo da equação de Van Genuchten ($m=1-1/n$) para as amostras indeformadas do perfil 4 após serem lixiviadas, e sem serem lixiviadas (A3 sem, BA sem e Bw sem). 81
- Figura 20 - Curvas de retenção de água do solo das amostras indeformadas do perfil 4 após serem lixiviadas, e sem ser lixiviada (x Sem), comparando os extratores. 82

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Coordenada, altitude e vegetação dos perfis estudados.	31
Tabela 2 - Atributos morfológicos dos quatro perfis da topossequência.	47
Tabela 3 - Atributos físicos dos quatro perfis da topossequência.	51
Tabela 4 - Parâmetros estatísticos (média \pm desvio padrão) da fração areia e grau de seleção de acordo com Folk e Ward (1957) para horizontes com (BA, com exceção do BA do P1) e sem caráter coeso (AB, Bw e o BA do P1).	54
Tabela 5 - Atributos químicos dos quatro perfis da topossequência.	57
Tabela 6 - Teores de Fe, Si e Al extraídos por DCB e Oxalato de Amônio, em TFSA.	59
Tabela 7 - Fracionamento da argila e suas relações.	61
Tabela 8 - Índices de desordenamento e cristalinidade das caulinitas na fração de 0,2 mm.	64
Tabela 9 - Características micromorfológicas dos quatro perfis da topossequência.	68
Tabela 10 - Teores de Fe, Si e Al extraídos de amostras indeformadas do perfil 4 após 75	75
Tabela 11 - Propriedades físicas e hídricas em amostras indeformadas do perfil 4 após lixiviação de soluções químicas e comparação entre horizontes.	77
Tabela 12 - Comparação da resistência a penetração (Mpa) entre horizontes de amostras indeformadas do perfil 4 submetidas a 5 tensões após a lixiviação por H ₂ O, CaCl ₂ e OAA.	78
Tabela 13 - Comparação da resistência a penetração (Mpa) entre extratores de amostras indeformadas do perfil 4 submetidas a 5 tensões após a lixiviação por H ₂ O, CaCl ₂ e OAA.	79

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	19
1.1 Hipóteses	20
1.2 Objetivo geral	20
1.3 Objetivos específicos	21
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	22
2.1 Brejo de Altitude	22
2.2 Caráter coeso	25
3 MATERIAL E MÉTODOS	29
3.1 Localização e caracterização da região de estudo	29
3.2 Seleção dos perfis, coleta e preparo das amostras de solos	30
3.3 Análises físicas de rotina	32
3.4 Fracionamento da argila	32
3.5 Área superficial específica	33
3.6 Grau de seleção da areia	33
3.7 Análises químicas de rotina	34
3.8 Extrações seletivas de Fe, Si e Al na TFSA com DCB e OAA	35
3.9 Mineralogia	35
3.10 Grau de desordem estrutural da caulinita da fração argila	36
3.11 Micromorfologia	36
3.12 Agentes de coesão: extrações químicas e atributos físicos do solo	37
3.13 Análises estatísticas	42
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	43
4.1 Atributos morfológicos	43
4.2 Atributos Físicos	50
4.3 Grau de seleção da areia	54
4.4 Atributos químicos	55
4.5 Extrações seletivas de Fe, Si e Al na TFSA com DCB e OAA	58
4.6 Fracionamento da argila	60
4.7 Mineralogia da fração argila e cristalografia da caulinita	63
4.8 Micromorfologia	66
4.9 Extrações químicas e atributos físico-hídricos do solo	73
5 CONCLUSÕES	83
REFERÊNCIAS	84
APÊNDICE	96

1 INTRODUÇÃO

Em meio ao semiárido brasileiro, encontram-se os Brejos de Altitude, que são considerados “oasis” de floresta úmida, cuja ocorrência está associada aos planaltos e chapadas, que retêm maior quantidade de umidade atmosférica, provocando as chuvas orográficas, garantindo melhores condições de umidade do solo, do ar e de temperatura, quando comparadas às regiões semiáridas. Assim, essas condições causam características climáticas, florísticas e edáficas distintas das regiões circunvizinhas

Em relação às características edáficas, os Brejos de Altitude possuem solos profundos, argilosos, prevalecendo os Argissolos e Latossolos Amarelos e Vermelho-Amarelos eutróficos e distróficos, com presença marcante de horizonte superficial húmico e/ou proeminente.

Muitos solos de países tropicais apresentam horizontes ou camadas endurecidas, cimentadas, constituindo horizontes diagnósticos denominados de duripãs, “ortstein” e ainda os fragipãs. No Brasil, outro tipo de horizonte endurecido é descrito, sendo denominado de coeso, comum de ocorrer em Latossolos e Argissolos da região dos Tabuleiros Costeiros, desenvolvidos dos sedimentos Terciários do Grupo Barreiras.

O termo coeso designa horizontes minerais subsuperficiais do solo que apresentam aumento acentuado na coesão entre as suas partículas, tornando-se duros, muito duros ou até extremamente duros, quando secos, porém, tornam-se friáveis quando umedecidos.

Os solos coesos ocorrem em áreas de grande importância socioeconômica e são muito utilizados na agricultura. Porém, originam dificuldade no aprofundamento de raízes, limitando a absorção de água e nutrientes pelas plantas, pois causam alterações no potencial mátrico do solo, na temperatura e na resistência do solo à penetração de raízes. Os solos coesos geralmente são distróficos, possuem alta saturação por alumínio e pH baixo, o que prejudica o enraizamento e a microbiota do solo.

Existem poucos estudos de solos com caráter coeso em material de origem que não seja os sedimentos terciários da Formação Barreiras dos Tabuleiros Costeiros. Recentemente, Araújo (2010) identificou o caráter coeso em Latossolo

Amarelo com horizonte A húmico no Município de Brejão, numa região de Brejos de Altitude do Agreste pernambucano, deslocado dos Tabuleiros Costeiros. Esta autora focou somente na caracterização dos Latossolos submetidos a diferentes sistemas de manejo e também na avaliação da qualidade desses solos, indicando apenas a presença do caráter coeso com horizonte A húmico, sem considerar as causas de sua formação.

Apesar de solos coesos começarem a serem identificados a partir da década de 50, ainda existe a necessidade de esclarecer a sua formação. O que se sabe a respeito deste fenômeno é que ocorre naturalmente e pode estar associado a processos físicos e, ou químicos inter-relacionados, tais como: translocação de argilas muito finas, ajustamento face a face de partículas de argila, baixo teor de Fe_2O_3 , materiais amorfos atuando como agentes de coesão.

O Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (SiBCS) recomenda que a identificação do caráter coeso seja feita qualitativamente pela análise morfológica do perfil, avaliando a resistência do martelo pedológico a penetração, o que dificulta a identificação do caráter coeso com base em critérios seguros. Para minimizar a subjetividade, são realizadas análises quantitativas para a identificação do caráter coeso: densidade do solo, porosidade total, macroporosidade, microporosidade, argila dispersa em água, condutividade hidráulica, curva característica de retenção de água no solo, resistência à penetração e a consistência avaliada nos estados seco e úmido.

1.1 Hipóteses

- O caráter coeso é formado por diversas causas ocorrendo simultaneamente;
- O caráter coeso é causado principalmente por compostos de baixa cristalinidade, que no período seco passariam por processo de polimerização e precipitação endurecendo o horizonte e, ou a camada, e no período úmido a despolimerização contribuiria para a consistência friável.

1.2 Objetivo geral

Caracterizar Latossolos Amarelos com caráter coeso em Brejo de Altitude, procurando avançar no entendimento da gênese deste caráter, avaliando os possíveis mecanismos físicos, químicos e mineralógicos que promovem a coesão.

1.3 Objetivos específicos

- Realizar a caracterização morfológica, física, química, mineralógica e micromorfológica de Latossolos Amarelos em ambiente de Brejo de Altitude pernambucano;

- Avaliar prováveis mecanismos que provocam o caráter coeso;

- Estudar o fator químico na formação do caráter coeso através de experimento para extração química por lixiviação em amostras indeformadas e posterior avaliação físico-hídrica;

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Brejo de Altitude

O Brasil possui uma região semiárida, com características e espécies únicas no mundo (LEAL; TABARELLI; SILVA, 2003). Essa região é caracterizada pela ocorrência do bioma caatinga, que apresenta vegetação de porte médio a baixo, tipicamente decídua rica de espinhos, estando inseridas também Cactáceas e Bromeliáceas, possuindo o clima seco e o solo raso e pouco permeáveis dos afloramentos cristalinos vastamente distribuídos na região (ANDRADE LIMA, 2007). Nos períodos de seca muitas plantas perdem suas folhas com o objetivo de reduzir as perdas de água nos períodos de seca, exibindo uma paisagem morta, mas quando chegam as chuvas, rapidamente a paisagem muda, fica mais verde, mais viva (LEAL; TABARELLI; SILVA, 2003).

Em alguns pontos da caatinga é possível notar, principalmente em épocas de seca, áreas com um verde exuberante, apresentando vegetação distinta da caatinga que está em seu entorno, sendo esses pontos chamados de Brejos de Altitude, serras úmidas, ou também de Matas Serranas (PÔRTO; GERMANO; BORGES, 2004; TABARELLI; SANTOS, 2004). Andrade Lima (1982) definiu os Brejos de Altitude como “ilhas” de floresta úmida situadas na região semiárida, cercadas pela vegetação de caatinga.

Quando se fala de brejos, imagina-se terrenos planos, alagados, pântanos, mas os Brejos de Altitude são áreas úmidas, com cobertura florestal, geralmente possuindo nascentes em áreas de altitude elevada no semiárido, em meio ao bioma caatinga (MOURA, 2006).

Os Brejos de Altitude são condicionados por dois fatores distintos, mas dependentes: o clima e o relevo. (LIMA; CAVALCANTI, 1975). A altitude mais elevada do que as regiões vizinhas, a exposição das encostas às correntes de massas de ar úmido e a direção dos vales formando um caminho natural para a passagem dessas correntes de massas de ar úmido, propicia assim um clima diferenciado das regiões próximas, com elevadas precipitações pluviométricas e menores temperaturas, criando um microclima (ANDRADE; LINS, 1964).

As elevadas chuvas em comparado com as regiões no entorno estão sob influência do efeito orográfico, sendo chamadas de chuvas orográficas ou chuvas de relevo (CABRAL et al., 2004). As chuvas orográficas acontecem quando o ar

possuindo uma certa quantidade de umidade movimenta-se horizontalmente até encontrar um obstáculo, como uma montanha, no qual faz com que aumente a sua altitude, esfriando-se cada vez mais, e assim condensando uma parcela de ar causando as chuvas (CÂNDIDO; NUNES, 2008). Continuando o seu movimento, quando o ar atravessa esse obstáculo, há uma queda na pluviometria, pois o ar já perdeu parte ou a totalidade de sua umidade (Figura 1).

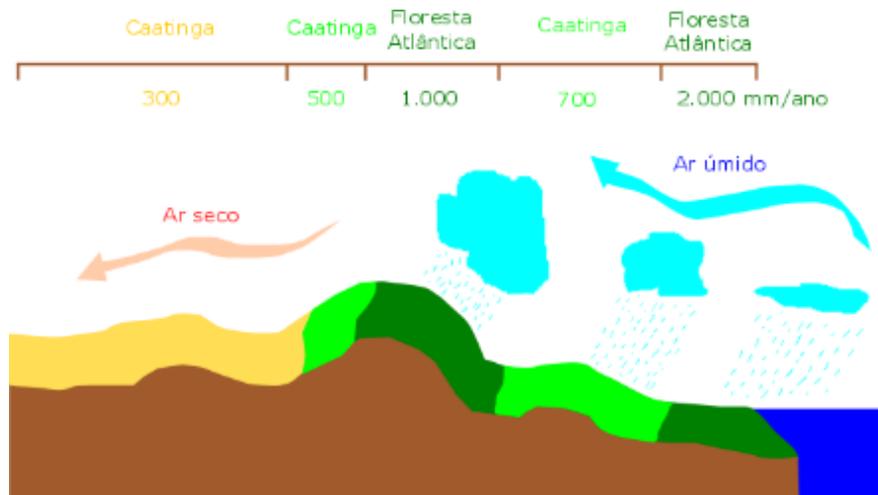


Figura 1 - Esquema de chuvas orográficas que ocorrem em um Brejo de Altitude

A origem da vegetação dos Brejos de Altitude segundo Andrade Lima (1982) é devido às variações climáticas ocasionadas entre 2 milhões e 10.000 anos atrás (Época Pleistoceno), que favoreceram a floresta Atlântica a cobrir boa parte da área que a caatinga ocupa hoje em dia. Porém, entre os últimos 10.000 anos atrás e os dias de hoje (Época Holoceno), a floresta Atlântica retorna a sua distribuição original, e com o recuo, ilhas de floresta Atlântica continuam em locais de microclima favorável (ANDRADE LIMA, 1982).

Geralmente, os Brejos de Altitudes são ilhas de floresta perenifólia na zona da caatinga, mas pode haver continuidade com a floresta úmida costeira (ANDRADE LIMA, 2007). Como exemplo, ocorre em Camocim de São Félix, e aparenta ter ocorrido com a floresta da serra de Garanhuns, na qual sugere ter sido contínua na direção entre Brejão e a Serra de Bom Conselho (ANDRADE LIMA, 2007).

Os Brejos de Altitude estão distribuídos nos Estados do Ceará, Rio Grande do Norte, Paraíba e Pernambuco, tendo em Pernambuco a maior quantidade desses brejos (VASCONCELOS SOBRINHO, 1971) (Figura 2).

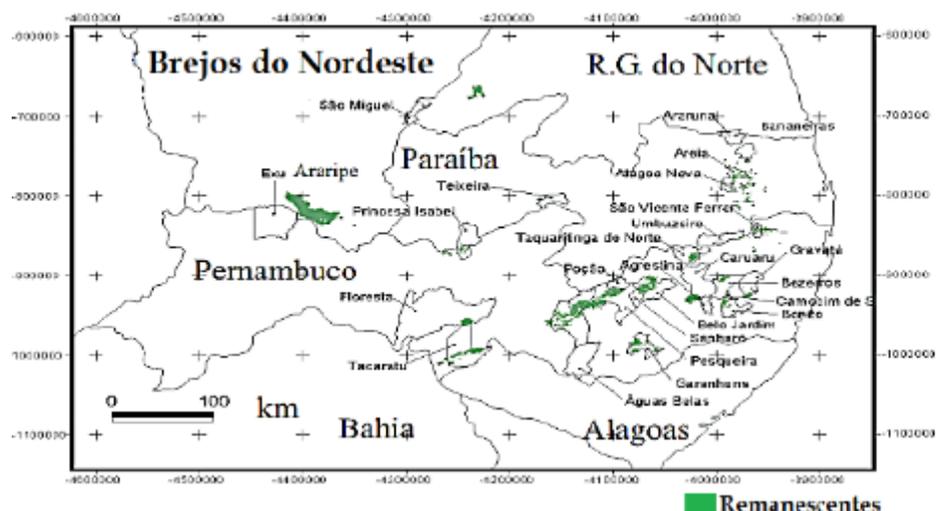


Figura 2 - Remanescentes dos Brejos de Altitude no Nordeste. Fonte: Marques, Silva e Silva (2014)

Os Brejos de Altitude estão localizados nos níveis superiores das serras e encostas, do lado em que recebe os ventos úmidos do leste e sudeste, em altitudes entre 500 e 1200 metros (CAVALCANTI; TABARELLI, 2004). Alguns dos Brejos de Altitude servem de nascente para diversos rios (CABRAL et al., 2004).

A média da precipitação anual dos Brejos de Altitude varia de 900 a 1300 mm, chegando a passar dos 1300 mm em algumas localidades, bastante elevada em comparação com as áreas de semiárido do entorno, que não passa dos 900 mm anuais (JACOMINI, 1973; JATOBÁ, 1989).

Além das espécies de floresta atlântica, os Brejos de Altitude também abrigam plantas de distribuição amazônica e das florestas serranas do sul e sudeste do Brasil (ANDRADE LIMA, 1982). Segundo Tabarelli e Santos (2004) a vegetação original dos brejos já teve ao menos 18.500 km² de florestas semidecíduais ombrófilas densas e ombrófilas abertas em meio a caatinga hiper e hipoxerófila, mas restam menos do que 5% (LINS, 1989), com tendência a diminuir ainda mais se políticas eficientes de conservação dessas áreas não atuarem.

Assim como a vegetação, o microclima formado nos Brejos de Altitude também propicia a fauna, que aparece em maiores densidades e diversidades, sendo também como refúgio em épocas secas (THEULEN, 2004).

O microclima dos Brejos de Altitude resultou em solos mais intemperizados do que as regiões circunvizinhas, formando solos profundos, argilosos, prevalecendo os Argissolos e Latossolos Amarelos e Vermelho-Amarelos eutróficos e distróficos, com

presença marcante de horizonte superficial húmico e/ou proeminente devido aos altos teores de matéria orgânica (JACOMINE, 1979; EMBRAPA, 2000).

Pelas condições favoráveis de clima, vegetação, solo e hídricas, os brejos atraem já há muito tempo a atenção do homem principalmente para o uso na agricultura, restando-se assim, poucos remanescentes em boas condições de preservação (SOUZA; LANGGUTH; GIMENEZ, 2004). Essas áreas são de grande importância para a preservação da biodiversidade, devido a sua singularidade, raridade e a própria biodiversidade (THEULEN, 2004).

2.2 Caráter coeso

Há horizontes e, ou camadas de solo que é possível perceber uma grande diferença em suas características entre os estados seco e úmido, principalmente relacionado ao grau de consistência a seco, que apresenta uma dureza significativamente maior quando comparada a outros horizontes do mesmo perfil e também a de outros perfis (RIBEIRO, 1998; GIAROLA et al., 2001). Solos com essas características são designados no Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (SiBCS) pelo atributo diagnóstico “caráter coeso” (EMBRAPA, 2013).

Ribeiro (1991) descreveu horizontes que possui o caráter coeso como: “horizontes muito duros a firmes, que não apresentam organização estrutural visível (são maciços), motivo pelo qual os grandes torrões se quebram em fragmentos de tamanhos menores e angulosos; apresentam uma macroporosidade geralmente ligada à atividade biológica (biovazios), sendo difícil a observação dos poros finos; no seu interior são raras as raízes observadas, mesmo assim, a grande maioria que consegue penetrar nesses horizontes, encontra-se mortas; em alguns pontos pode-se observar uma organização estrutural fragmentar com a presença de estrutura do tipo blocos subangulares, geralmente associados a pequenas concentrações de material orgânico originado da decomposição de raízes ou atividade biológica (crotovinas e ninhos); em muitos casos é possível observar, ainda que, com alto grau de dificuldade e com uso de lupa, há a existência de uma microestrutura soldada como uma colmeia de abelhas”.

O SiBCS usa esse atributo diagnóstico para distinguir solos com horizontes subsuperficiais adensados, muito resistentes à penetração da faca e muito duros a

extremamente duros quando secos, passando a friáveis ou firmes quando úmidos (EMBRAPA, 2013).

Em outros países, em especial Austrália e África, nas regiões tropicais áridas, semiáridas e mediterrâneas, sob condições climáticas de períodos secos e úmidos alternados, é comum encontrar solos com propriedades físicas e morfológicas similares ao caráter coeso, sendo assim denominados de *hardsetting* (CHARTRES; KIRBY; RAUPACH, 1990; MULLINS, 1999; GIAROLA et al., 2001). O *hardsetting* ocorre tanto em horizontes subsuperficiais (não cultivados) como nos horizontes superficiais cultivados e não cultivados (FRANZMEIER, 1996).

McDonald et al. (1998) definiu *hardsetting* como “compacto, duro, condição aparentemente apedal, formado durante o secamento, mas que se abranda durante o umedecimento. Quando seco, o material é duro e não é alterado ou não se deforma ao ser pressionado com o dedo indicador”.

O caráter coeso surge em condições naturais, sem interferência antrópica, especialmente nos horizontes transicionais AB e, ou, BA, entre 30 cm e 70 cm da superfície do solo, chegando a atingir até um metro ou um pouco mais em alguns casos, podendo prolongar-se até o Bw ou coincidir com o Bt, no todo ou em parte, como uma camada (JACOMINE, 2001; EMBRAPA, 2013). Também é possível encontrar o coeso em superfície, devido a erosão do horizonte que esteve acima dele (JACOMINE, 2001).

Quando seco, uma amostra de horizonte coeso desmancha-se ao ser mergulhada em água, mas quando ela está úmida deforma-se lentamente, diferindo-se do fragipã que quando seco ao ser mergulhado em água desintegra em fragmentos menores (JACOMINE, 2001).

Os horizontes e ou camadas que dão o caráter coeso aos solos são de textura média, argilosa ou muito argilosa, possuindo uma fraca organização estrutural em condições naturais, sendo comumente maciços ou tendendo à formação de blocos (EMBRAPA, 2013).

Os horizontes e, ou camadas coesas possuem densidade do solo variando de 1,5 a 1,8 g cm⁻³ (ARAUJO FILHO et al., 2001), são ácidos, com pH entre 4,0 a 5,0, são distróficos e podem apresentar elevados teores de alumínio trocável, mas também é possível encontrar eutróficos (JACOMINE, 1996; REZENDE, 2000; EMBRAPA, 2013).

Apresentam condutividade hidráulica reduzida em relação aos demais horizontes não coesos, sendo possível até gerar um lençol freático suspenso sazonal, que faz com que as águas em excesso ascendam e escoem pela superfície do solo levando argilas dispersas, auxiliando como um dos processos de perda de argila nos horizontes superficiais (RIBEIRO, 2001).

Para a identificação do caráter coeso é usado atualmente propriedades qualitativas, como a resistência a penetração da faca, do martelo pedológico ou do trado, a fraça ou ausência da organização estrutural, e a consistência no estado dura e úmida (SANTOS et al., 2015).

Existem estudos de propriedades quantitativas do solo com a finalidade de identificar o caráter coeso, como a resistência a penetração, resistência tênsil, porosidade, densidade do solo, condutividade hidráulica, superfície específica e densidade de raízes (SANTANA et al., 2006; SOUZA et al., 2001; GIAROLA et al., 2003; LIMA NETO et al., 2009).

Atualmente, a classificação do caráter coeso é realizada em dois graus, baseado apenas nos dados morfológicos obtidos no campo quando se identifica o caráter coeso: moderadamente coeso e fortemente coeso, não usando o grau não coeso porque o solo será considerado normal (SANTOS et al., 2015).

Os solos que possuem o caráter coeso são formados a partir de sedimentos da Formação Barreiras e congêneres, frequentemente encontrados no Ambiente de Tabuleiros Costeiros, desde o Estado do Amapá até o Estado do Rio de Janeiro, estendendo até o vale do rio Paraíba do Sul, São Paulo, bem como grande extensão no médio e baixo vale do rio Amazonas e afluentes, e nos estados do Maranhão e Piauí (JACOMINE, 2001; JACOMINE, 2005; MELO et al., 2006; ARAUJO et al., 2015).

Jacomine (2001), informa que também se encontram solos com material de origem provenientes de sedimentos do tipo Barreiras e similares na zona semiárida, interior, de Pernambuco e Bahia, estendendo para sul e para a região do Médio Jequitinhonha, Minas Gerais. Quanto ao clima, a ocorrência desse caráter está associada, a regiões de climas que apresentam estações secas e úmidas definidas (JACOMINE, 1996).

Tanto os sedimentos da Formação Barreiras quanto as coberturas sobre rochas cristalinas são constituídas por materiais argilosos, argilo-arenosos ou arenosos, porém são sempre bastante intemperizados, tipicamente cauliníticos e pobres em

ferro, com a goethita como óxido de ferro dominante (JACOMINE, 2001; RIBEIRO, 2001).

No SiBCS (EMBRAPA, 2013) o caráter coeso é uma classe do terceiro nível categórico (grandes grupos), aparecendo como distrocoeso ou eutrocoeso, em classes dos Latossolos Amarelos, dos Argissolos Amarelos e dos Argissolos Acinzentados.

Existem várias hipóteses para explicar a gênese do caráter coeso, que até o momento ainda não foi explicada, podendo ser devido à vários processos simultâneos (GIAROLA; SILVA, 2002; LIMA et al., 2005; MOREAU et al., 2006). O que se sabe a respeito deste fenômeno é que ocorre naturalmente e pode estar associado a processos físicos e, ou químicos inter-relacionados (GIAROLA; SILVA, 2002), tais como:

- Preenchimento dos poros por argilas vindas dos horizontes superiores, adensando o horizonte coeso, além do baixo teor de Fe_2O_3 (ACHÁ PANOSO, 1976);
- Translocação de argilas muito finas dispersas em água entre horizontes ou dentro do mesmo horizonte (CORRÊA et al., 2008c);
- Empacotamento da fração areia mal selecionada (ABRAHÃO et al., 1998; BEZERRA et al., 2014);
- Ajustamento face a face de partículas de caulinita, pelos ciclos de umedecimento e secagem em ambientes com baixos teores de óxidos de ferro (goethita) e de alumínio (gibbsita), resultando num empacotamento denso das partículas de caulinita (UFV, 1984);
- O próprio material de origem devido ao peso estático da camada superior (ANJOS, 1985; FONSECA, 1986);
- Compostos orgânicos que degradam a argila, liberando alumínio, ferro e sílica, que são encontrados em maiores teores na parte coesa do que nos horizontes superiores e inferiores (MEIRELLES; RIBEIRO, 1995);
- Alteração da estrutura do solo pela alternância de ciclos de umedecimento e secagem (PONTE; RIBEIRO, 1990).
- Cimentação fraca e temporária promovida por compostos de baixa cristalinidade, que no período seco passaria por processo de polimerização e precipitação, e no período úmido a despolimerização contribuiria para a condição de friabilidade do solo (ARAÚJO FILHO; CARVALHO; SILVA, 2001).

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Localização e caracterização da região de estudo

A área de estudo está localizada em ambiente altimontano no Agreste pernambucano, geoambientalmente no Planalto de Garanhuns, Província Borborema (CPRM, 2005), mais precisamente no Município de Brejão, nas proximidades da rodovia PE-218, entre os km 3 e 6 (ver Figura 3 logo abaixo).

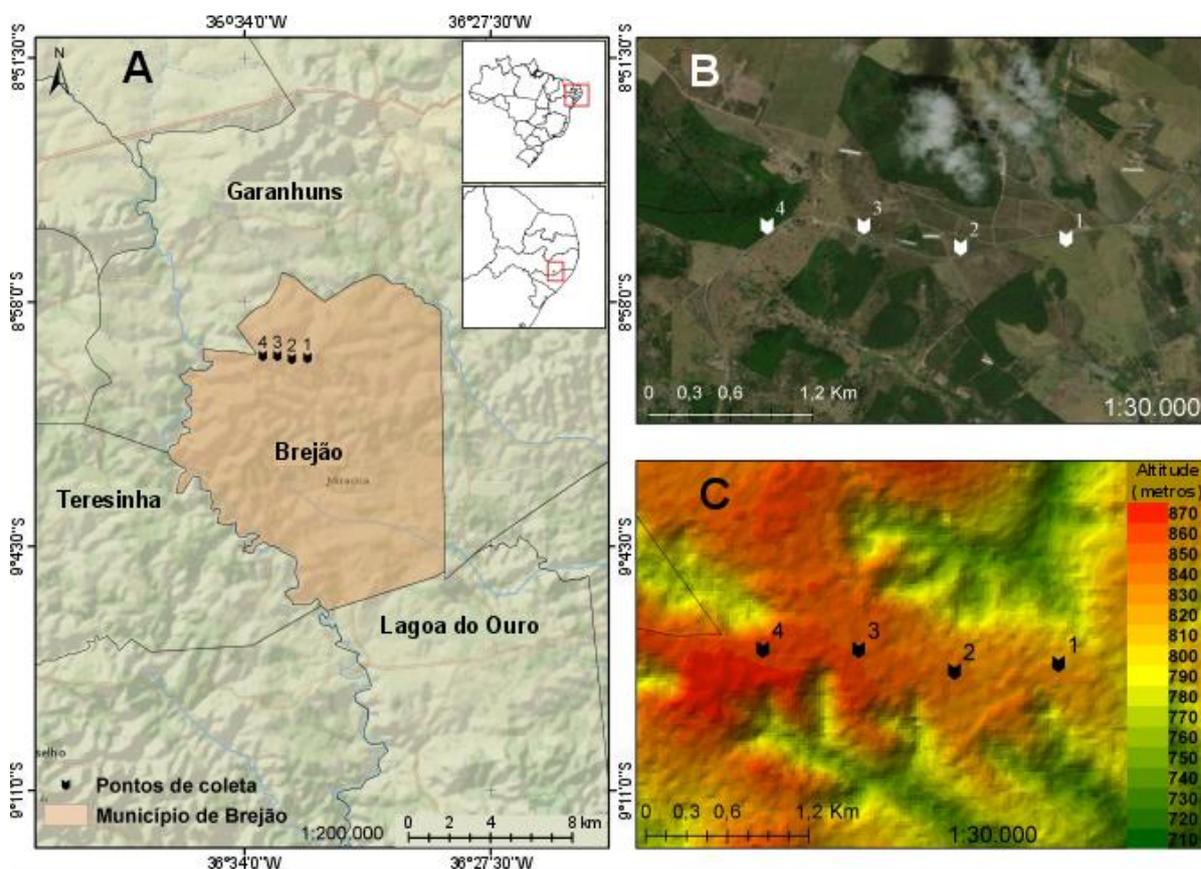


Figura 3 - Mapa do Município de Brejão. A = localização do Município com os pontos de coleta; B - imagem de satélite mostrando a localização de cada perfil; C - mapa de elevação da área de estudo com a locação dos perfis

A geologia do município é composta pelas rochas cristalinas metamórficas do Complexo Belém de São Francisco, Complexo Cabrobó e de Depósitos Colúvioeluviais, sendo comum encontrar nos topos das elevações um capeamento delgado de sedimentos argilo-arenosos depositados no Período Terciário semelhantes aos da Formação Barreiras (SANTOS 1995; CPRM, 2005; EMBRAPA,

2000). De acordo com Ferreira, Dantas e Shinzato (2014) o relevo são os planaltos, colinas dissecadas e morros baixos.

A sede do Município possui 788 metros de altitude distando 244,4 km da Capital Recife, sendo a área de estudo localizada entre 800 a 900 metros (CPRM, 2005).

O clima da região é o Cs'a da classificação de Köppen (1918), mesotérmico com verão seco e quente continental, possuindo temperatura média anual de 22,3°C (JACOMINE; CAVALCANTI; BURGOS, 1973). A precipitação pluviométrica média anual é de 1437,2 mm, sendo os meses de maio, junho e julho o trimestre mais chuvoso e outubro, novembro e dezembro os mais secos (informações obtidas na Agência Pernambucana de águas e Climas - APAC). A vegetação é a de savana estépica (caatinga hiper e hipoxerófila), floresta estacional decidual (floresta tropical caducifólia), floresta estacional semidecidual (floresta tropical subperenifólia e subcaducifólia), vegetação secundária e áreas que apresentam predomínio de atividades agropecuárias (CPRM, 2005; IBGE, 2012; ITEP, 2013).

3.2 Seleção dos perfis, coleta e preparo das amostras de solos

A escolha dos perfis estudados nesse trabalho baseou-se na dissertação de Araújo (2010), que observou o caráter coeso em Latossolos Amarelos húmicos no Município de Brejão, Agreste de Pernambuco.

Os perfis foram alocados em uma encosta sob uso de pastagem, cultivo e apresentando uma área ainda sob vegetação nativa de floresta estacional semidecidual, no capeamento sedimentar em relevo de planalto (plano e suave ondulado). O perfil 4 (P4) foi coletado e descrito em área preservada de mata nativa no topo da encosta, os perfis 2 (P2) e 3 (P3) sob pastagem no terço médio da encosta, e o perfil 1 (P1) sob consórcio de pastagem-milho no terço inferior da encosta, como pode-se ver no esquema abaixo (Figura 4).

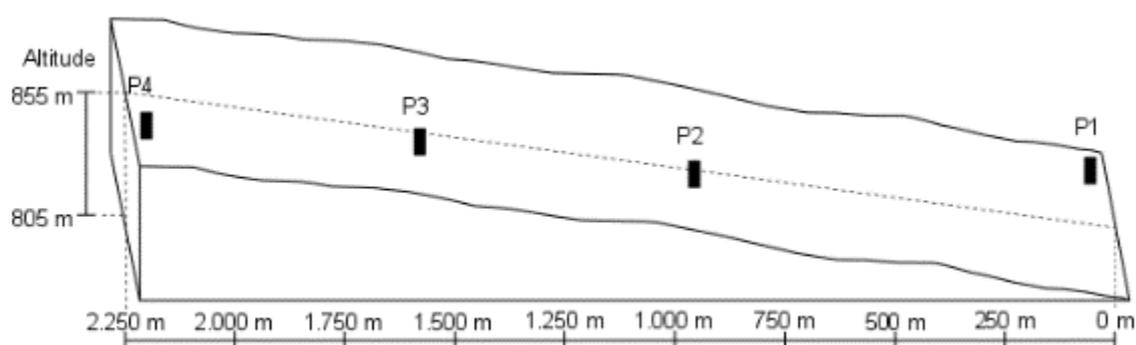


Figura 4 - Esquema da situação das trincheiras na topossequência, onde P1 = Perfil 1 - terço inferior da encosta, P2 e P3 = Perfil 2 e Perfil 3, respectivamente - terço médio da encosta e P4 = Perfil 4 - topo da encosta (baseado no Google Earth e dados de GPS)

A localização exata, com as coordenadas e altitudes dos quatro perfis estudados, consta na Tabela seguinte.

Tabela 1 – Coordenada, altitude e vegetação dos perfis estudados.

Perfil	Coordenada	Altitude (m)	Cobertura vegetal	Material de origem
P1 (Terço inferior da encosta)	8°59'28.20"S 36°32'18.40" W	805	Consórcio pastagem-milho	Cobertura de material sedimentar de textura argilo-arenoso.
P2 (Terço médio da encosta)	8° 59' 30,78" S 36° 32' 48,00" W	818	Pastagem	
P3 (Terço médio da encosta)	8° 59' 26,2" S 36° 33' 8,1" W	838	Pastagem	
P4 (Topo da encosta)	8° 59' 23,9" S 36° 33' 28,5" W	855	Mata nativa	

A descrição morfológica e a coleta das amostras de cada horizonte dos solos foram feitas conforme as recomendações do Manual de Descrição e Coleta de Solo no Campo (SANTOS et al., 2015). Os solos foram classificados de acordo com o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos - SiBCS (EMBRAPA, 2013).

As análises químicas e físicas foram realizadas em material seco ao ar, que foi pesado, destorroado e passado em peneira com malha de 2 mm de abertura, obtendo-se assim a terra fina seca ao ar (TFSA), como descrito no Manual de métodos de Análise de Solo da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA, 2011).

Com amostras indeformadas foram feitas a micromorfologia e o experimento de extrações químicas de possíveis agentes de coesão descritos mais adiante.

3.3 Análises físicas de rotina

Foram realizadas as análises físicas seguindo os métodos recomendados por EMBRAPA (2011) e Almeida et al. (2012), em que determinou a granulometria, argila dispersa em água, densidade do solo, densidade das partículas.

A análise granulométrica foi realizada pelo método do densímetro, utilizando NaOH + hexametáfosfato de sódio como dispersante químico. A leitura do densímetro foi realizada 24 h após a agitação da proveta com o bastão. A areia foi fracionada como definido no Soil Survey Division Staff (1993). A argila dispersa em água foi determinada semelhante a granulometria, diferindo apenas por usar água como dispersante. A partir desses resultados foram calculados o grau de floculação e a relação silte/argila.

A densidade do solo (D_s) foi obtida pelo método do anel volumétrico e a densidade das partículas (D_p) pelo método do balão volumétrico, utilizando o álcool etílico como líquido penetrante. A partir desses resultados foi calculada a porosidade total.

3.4 Fracionamento da argila

Com o objetivo de ver a distribuição da argila fina e da argila grossa ao longo do perfil, em todas as amostras coletadas, a fração argila foi separada em grossa (0,2 a 2 μm) e fina (< 0,2 μm) (JACKSON, 1979). Para tanto, foi adicionado 0,80 g de argila desferrificada (tratada com DCB) em 35 mL de uma solução de NaOH 0,01 M. Para auxiliar na dispersão, as amostras foram levadas para um ultrassom por 5 minutos. Em seguida, foi realizada uma agitação manual antes de serem centrifugadas a 3.500 rpm por 16 minutos. O tempo e rotação foram calculados para as dimensões do rotor e tubo pela equação 1:

$$T_m = \frac{63 \cdot 10^8 \eta \log(r/s)}{Nm^2 D^2 \Delta\rho}$$

Equação 1

Onde:

T_m = tempo em minutos;

η = viscosidade (*poison*);

r = distância entre o centro do rotor da centrífuga e a superfície da amostra (cm);

s = distância entre o centro do rotor e a superfície da suspensão (cm);

Nm = rpm;

D = diâmetro da partícula (μ); e

$\Delta\rho$ = diferença entre as densidades das partículas e do líquido utilizado para suspensão (H₂O destilada), corrigido de acordo com a temperatura.

O sobrenadante foi transferido para um béquer de aproximadamente 500 mL com o auxílio de uma mangueira de borracha fina. O procedimento foi repetido até atingir a translucidez do sobrenadante (estado de isenção de argila fina). As amostras (tubo e béquer) foram secas em liofilizador e pesadas para cálculo da proporção.

3.5 Área superficial específica

Foi analisada a área superficial específica na fração argila total, desferrificada e tratada para eliminação da matéria orgânica, utilizado o equipamento Surface Área Analyzes, modelo ASAP 2010 (Micromeritics), sendo a determinação conduzida em atmosfera de nitrogênio (adsorbato).

3.6 Grau de seleção da areia

O grau de seleção é a participação relativa entre as frações de uma amostra, em que um material perfeitamente selecionado praticamente só possui uma fração (CASTRO, 2008). Quanto menor é o grau de seleção, mais compacto e denso será o solo.

Para a determinação do grau de seleção da areia com o objetivo checar se há empacotamento dos grãos de areia contribuindo na coesão dos solos foi utilizado o

software GRADISTAT Versão 8.0. A Grain Size Distribution and Statistics Package for the Analysis of Unconsolidated Sediments by Sieving or Laser Granulometer. Desenvolvido pelo Dr Simon J Blott. 2010.

O Gradistat transforma os resultados da areia fracionada na escala phi (Φ) de Krumbein (1934), modificada por Udden (1914) e Wentworth (1922). Em que Φ de -1 a 0 = areia muito grossa (2 a 1 mm); Φ de 0 a 1 = areia grossa (1 a 0,5 mm); Φ de 1 a 2 = areia média (0,5 a 0,25 mm); Φ de 2 a 3 = areia fina (0,25 a 0,125 mm) e Φ de 3 a 4 = areia muito fina (0,125 a 63 mm).

O grau de seleção da areia de cada horizonte foi determinado pelo desvio padrão (σ) dos valores de Φ baseados nos seguintes intervalos: muito bem selecionado ($\sigma < 0,35$), bem selecionado ($0,35 \leq \sigma < 0,50$); moderadamente bem selecionado ($0,50 \leq \sigma < 0,70$); moderadamente selecionado ($0,70 \leq \sigma < 1,00$); pobremente selecionado ($1,00 \leq \sigma < 2,00$); muito pobremente selecionado ($2,00 \leq \sigma < 4,00$) e extremamente pobremente selecionado ($\sigma \geq 4,00$).

Para entender melhor a distribuição em cada horizonte, deve-se saber que curtose é o grau de concentração dos valores em torno do centro da distribuição de frequência. Então, quando os horizontes têm curtose platicúrtica, quer dizer que a curtose é mais achatada, com valores menos concentrada em torno da média, do que curva normal, e quando têm curtose mesocúrtica, significa que a curtose é semelhante à curva normal.

3.7 Análises químicas de rotina

As análises químicas de rotina para fins de classificação de solos foram realizadas conforme Silva et al. (2009): pH em água e KCl 1 mol L⁻¹ (relação 1:2,5); Acidez potencial pelo método do acetato de cálcio 1 mol L⁻¹; Na e K trocáveis extraídos pelo extrator Mehlich-1 e determinados por fotômetro de chama; Ca²⁺, Mg²⁺ e Al³⁺ trocáveis extraídos por solução de KCl 1 mol L⁻¹ e determinados por espectroscopia de absorção atômica; Carbono orgânico determinado pelo método do Walkey-Black; fósforo disponível extraído por Mehlich-1 e determinado por colorimetria. Com os resultados analíticos obtidos foram calculados: Variação de pH (Δ pH), soma de Bases Trocáveis (Valor S), Capacidade de Troca de Cátions (Valor T), Percentagem de Saturação por Bases (Valor V), Percentagem de Saturação por Alumínio (Valor m).

3.8 Extrações seletivas de Fe, Si e Al na TFSA com DCB e OAA

Para determinar os teores e a composição química dos óxidos de ferro (Fe), alumínio (Al) e silício (Si) de baixa e alta cristalinidade, foi realizada a análise em extrato obtido por extrações sucessivas (três extrações) a 60° C com citrato-bicarbonato-ditionito (DCB) (MEHRA; JACKSON, 1960) e oxalato ácido de amônio pH 3,0 (OAA) (MCKEAGUE; DAY, 1966), com agitação de 4 horas. Foram utilizados 0,50 e 0,25 g de TFSA para o DCB e oxalato, respectivamente, previamente triturado em almofariz de ágata até não observar alteração da cor. A leitura dos elementos foi realizada em espectrofotômetro de absorção atômica.

3.9 Mineralogia

Afim de identificar os minerais, a análise mineralógica foi realizada apenas na fração argila natural. A técnica utilizada para a determinação foi a difratometria de raios-X (DRX). Os difratogramas foram obtidos pelo equipamento SHIMADZU XRD 6100 do Laboratório de Cristalquímica e Micromorfologia da UFRPE/UAG, operando com radiação de $\text{CuK}\alpha$ a uma tensão de 40 Kv, com corrente elétrica de 20 mA, com monocromador de grafite. Os espectros foram obtidos com velocidade de registro de $1,5^\circ 2\theta \text{ min}^{-1}$, numa amplitude de varredura de 5 a $50^\circ 2\theta$.

A fração argila foi obtida primeiramente eliminando a matéria orgânica na TFSA, utilizando peróxido de hidrogênio 30 % (ou 30 volumes) (JACKSON, 1975), depois a dispersão (química com NaOH 1 mol L^{-1} e mecânica com agitador tipo “Wagner” por 16 h) das frações granulométricas, que possibilitou a separação da areia por peneiramento úmido. A separação da fração argila da fração silte foi realizada sifonando 10 cm a cada 8 horas. Após cada coleta, o volume de cada proveta era completado com o dispersante NaOH 0,1 ou 0,01 mol L^{-1} , mantendo o pH entre 8,0 e 8,5, seguido da agitação com bastão. Esse procedimento repetiu-se por várias vezes até a total retirada da fração argila e limpeza da fração silte.

Os parâmetros empregados para interpretação dos difratogramas e identificação dos minerais constituintes da fração argila, foram fundamentados no espaçamento interplanar (d), segundo Jackson (1975), Brown e Brindley (1980) e Moore e Reynolds (1989).

3.10 Grau de desordem estrutural da caulinita da fração argila

De posse dos difratogramas de raios-X, determinou-se os índices de IK (STOCH, 1974) e de HB (HUGHES; BROWN, 1979), para estimar o grau de desordem estrutural, ou de cristalinidade, da caulinita da fração argila, e assim ver a influência do empacotamento da caulinita na manifestação do caráter coeso

O índice IK é determinado pela divisão das alturas dos picos 020 e 110 acima da linha de base (ver Figura 5). A faixa de valores é > 1.0 para caulinitas desordenadas e $< 0,7$ para caulinitas ordenadas.

Enquanto para obter o método HB utiliza-se a relação da altura do pico 020 com a altura da linha de base entre os picos 131 e 003. Neste não existem limites estabelecidos para caulinitas de solo com melhor ou pior cristalinidade.

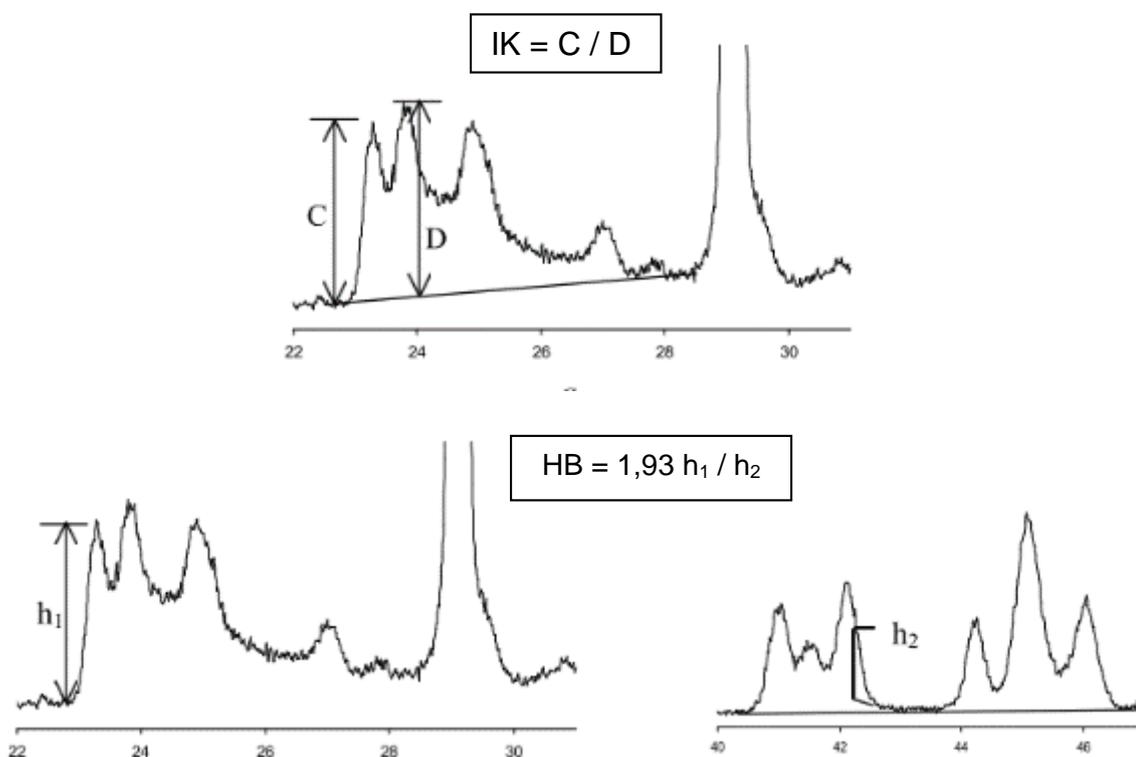


Figura 5 - Índices de cristalinidade da caulinita. Figuras extraídas de Corrêa (2005)

3.11 Micromorfologia

Para as análises micromorfológicas foram coletadas amostras indeformadas dos horizontes com caráter coeso, de um horizonte abaixo de cada coeso e de outro acima ou na transição com cada coeso, com a finalidade de avaliar as transições e

observar alguns aspectos diferenciais nas feições desses horizontes, esculpindo monólitos com o auxílio de saboneteiras plásticas diretamente nas paredes dos perfis expostos nas trincheiras, anotando no verso das caixas a identificação e a orientação, posteriormente as envolveu com plástico filme e depois por plástico bolha para proteger as amostras. As amostras foram posteriormente impregnadas com resina de poliéster com a finalidade de confeccionar as seções delgadas (JONGERIUS; HEINTZBERGER, 1963).

Após a secagem da resina, as amostras foram seccionadas, polidas e coladas em lâminas de vidro, para um novo seccionamento e polimento até espessura ideal para realização das análises micromorfológicas, de acordo com Murphy (1986).

As seções delgadas foram analisadas em microscópio petrográfico e as descrições realizadas de acordo com Stoops e Jongerius (1975), Brewer (1976) e Bullock et al. (1985), no Laboratório de Cristalquímica e Mineralogia de Solos da UFRPE/UAG.

3.12 Agentes de coesão: extrações químicas e atributos físicos do solo

Amostras indeformadas retiradas do P4, em mata nativa, escolhido pela ausência da influência antrópica, foram utilizadas para a realização do experimento com a finalidade de remover possíveis agentes que causem a coesão de horizontes e/ou camadas coesas. Foram utilizados extratores específicos (oxalato ácido de amônio, cloreto de cálcio e água) que, após passagem na amostra sob regime saturado, foram recolhidos na forma de lixiviados em volume pré-determinado para leitura de Fe, Si e Al.

O DCB, usado na TFSA, não foi escolhido pois ele extrai Fe, Si e Al estrutural de óxidos cristalinos, os quais não são agentes de coesão.

Anteriormente foi realizado ensaio com a finalidade de testar os tipos de extratores e os volumes a serem percolados. Para isso, foram coletadas amostras indeformadas do horizonte AB do P4, a partir de 70 cm de profundidade, após a remoção de todo horizonte A, como mostra a Figura 6.

As amostras indeformadas foram coletadas em anéis de aço inox com 5 cm de altura e 5 cm de diâmetro interno ($= 98,17 \text{ cm}^3$) com o emprego de amostrador tipo Uhland. Após coletadas, elas foram embrulhadas individualmente com filme plástico

e papel bolha, a fim de manter a umidade e proteger de algum impacto que danifique a estrutura, respectivamente. E transportada para laboratório em caixa de isopor.



Figura 6 - Corte do perfil após retirado o horizonte A para retirada de amostras indeformadas em anéis

Foi construída uma estrutura como mostra o esquema e as Figuras a seguir (Figuras 7 a 9).

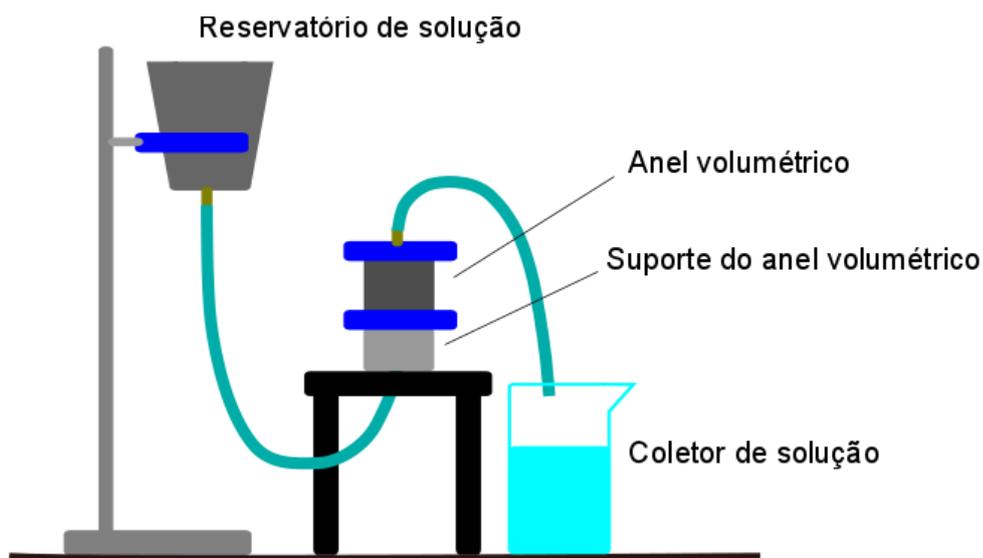


Figura 7 - Esquema da estrutura usada na lixiviação de possíveis agentes de coesão

O fluxo da percolação foi feito de baixo para cima com o intuito de preservar a estrutura do solo e pela facilidade de controlar o fluxo da solução, no qual é regulado apenas alterando a altura (o nível da carga hidráulica) do reservatório de solução.

Foram testadas 6 soluções: H₂O destilada (como tratamento controle), oxalato ácido de amônio (pH 3), NaOH a 0,05 ml L⁻¹, NaOH a 0,01 mol L⁻¹, CaCl₂ e pirofosfato de Na.

O cloreto de cálcio (CaCl₂) é uma solução salina utilizada para extração de elementos do ponto de troca iônica do solo. Com ele, também é possível determinar elementos presentes na solução do solo, em especial o Si na forma de ácido monossilícico (H₄SiO₄) (KORNDÖRFER, PEREIRA, NOLLA, 2004). Já o Oaa, além de extrair as formas solúveis e trocáveis, ele remove Fe, Si e Al de óxidos e hidróxidos de baixa cristalinidade, sem solubilizar minerais cristalinos e também sílica biogênica encontrada em fitólitos (SCHWERTMANN, 1973; SACCONI et al., 2007). A água, por sua vez, dá ideia de concentração de elementos na solução do solo (ABREU et al., 2007). O hidróxido de sódio tem maior poder de extração, sendo possível obter formas solúveis e trocáveis de Fe, Al e Si, géis de Si e Al dos aluminossilicatos, Al da gibbsita, Si e Al dos aluminossilicatos de baixa cristalinidade (JACKSON et al. 1986; RAMOS, 2013). O pirofosfato de sódio é usado para extrair metais associados a compostos orgânicos, em especial Al, Fe e Si (MCKEAGUE, 1967; BERTSCH; BLOOM, 1996).



Figura 8 - Estrutura utilizada para lixiviação de possíveis agentes de coesão

No caso da lixiviação com a solução de oxalato ácido de amônio, o equipamento foi revestido com folhas de papel alumínio para evitar com que a luz interfira no poder de extração dessa solução (Figura 9).



Figura 9 - Estrutura com proteção em papel alumínio utilizada para lixiviação de possíveis agentes de coesão quando utilizado o ácido oxalato de amônio (reagente de Tamen)

As amostras de solo contidas nos anéis volumétricos, após o tratamento de toaleta, foram saturadas em água destilada por um período de 16 horas antes de proceder ao ensaio.

A primeira etapa foi testar a qualidade das amostras durante e após a percolação, apenas observando se houve dispersão ou não. Com isso, foi constatado que as soluções de NaOH a $0,05 \text{ mol L}^{-1}$, NaOH a $0,01 \text{ mol L}^{-1}$ e pirofosfato de Na dispersaram as amostras.

A segunda etapa do ensaio foi determinar o volume a ser recolhido após a solução passar pela amostra. Para isso, realizou-se 15 tratamentos: 3 extratores (água como tratamento controle, solução extratora de ácido oxalato de amônio e solução extratora de cloreto de cálcio $0,01 \text{ mol L}^{-1}$) e 5 volumes de solução (172, 344, 516, 688 e 820 mL, correspondendo a 4, 8, 12, 16 e 20 volumes de poros respectivamente), com três repetições.

Os teores de referência foram considerados aqueles obtidos das metodologias de extração por água quente; por oxalato ácido de amônio de McKeague e Day (1966); e por cloreto de cálcio a $0,01 \text{ mol L}^{-1}$ de Korndörfer et al. (2004). Com o extrato coletado, foi realizada a leitura dos elementos Fe, Si e Al em espectrofotometria de absorção atômica. Em seguida relacionou-se os volumes de solução (eixo x) com quantidade de elemento em mg Kg^{-1} (eixo y). Foi determinado um volume de 645 mL, para as três soluções (resultados não apresentados).

Definidas as soluções e o volume a ser coletado após a solução passar pela amostra, deu-se início ao experimento.

O experimento foi conduzido semelhante ao ensaio descrito acima. Após a lixiviação as amostras são levadas para a mesa de tensão ou a câmara de Rhichard para equilibrar a umidade em tensão pré determinada, depois foi determinada a resistência a penetração, e por fim a densidade do solo, para testar as diferenças entre as amostras coesas e as não coesas.

Foram usados três horizontes do P4 (coesos – BA, acima do coeso – A3 e abaixo do coeso Bw). Os horizontes A3 e Bw serviram como tratamento controle e para ter uma noção das características antes e depois do coeso. Três extratores foram usados (oxalato ácido de amônio, CaCl_2 e H_2O), e cinco pontos na curva característica de retenção de água no solo. Utilizou-se 3 repetições, dando um total de 135 amostras.

Os pontos da curva característica de retenção de água no solo foram 10 kPa, 33 kPa, 100 kPa 500 kPa e 1500 kPa. Cada amostra passou apenas por uma tensão, cada tensão recebeu 27 amostras ($5 \times 27 = 135$), que após estabilizar a umidade as amostras seguiram para o aparelho de resistência a penetração de bancada. A haste utilizada neste equipamento tinha o diâmetro da base do cone de penetração com 3,87 mm. A velocidade de penetração foi de 10 mm s^{-1} , medindo-se da superfície até a profundidade de 4,5 cm, sendo descartados os valores iniciais por conta do efeito de bordadura, usando-se assim, os dados dos 3 cm centrais da amostra, e calculando a média e o desvio padrão da resistência do solo à penetração de cada medição realizada.

O sistema de aquisição de dados disponibiliza os valores de resistência a penetração (RP) em kgf, sendo estes convertidos para Mpa pela equação 2.

$$RP = \frac{(\text{kgf} \times 9,8066 / (\text{área da base do cone em m}^2))}{1.000.000} \quad \boxed{\begin{array}{l} \text{Equação} \\ 2 \end{array}}$$

Após leituras de RP, foi realizada a densidade do solo de cada amostra como recomendado por com EMBRAPA (2011).

Ainda foi feita uma curva característica de retenção de água com três repetições, em que uma mesma amostra passou por todos os pontos como padrão de comparação, de acordo com EMBRAPA (2011).

3.13 Análises estatísticas

As alterações nas propriedades das amostras foram estudadas através de um delineamento inteiramente casualizado com um esquema fatorial de 3 x 3, correspondendo a três extratores (OAA, CaCl₂ e H₂O) e três horizontes (A3, BA e Bw).

Inicialmente foi avaliado o atendimento às pressuposições da análise de variância (ANOVA) através da análise dos resíduos, aplicando-se o teste de aderência à distribuição de frequência Normal de Shapiro-Wilk, o teste de Levene para avaliação da homocedasticidade. Nos casos em que não atendia as pressuposições foi feita a transformação de dados. Nos casos em que foram detectados valores significantes no teste “F”, a comparação das médias foi feita pelo teste de Tukey, ambos ($p < 0,05$). Mas quando a transformação dos dados não era suficiente foi realizado o teste não-paramétrico de Kruskal-Wallis com comparação múltipla das médias pelo método de Bonferroni ($p < 0,05$). As análises foram feitas utilizando-se o software Action Stat, versão 3.1.43.724.694 (versão do R: 3.0.2).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Atributos morfológicos

Estão reunidos na Tabela 2 e ilustrados nas Figuras 10 a 13 os resultados relativos aos atributos morfológicos dos quatro perfis estudados.

Os solos são formados pelo mesmo material de origem, sedimentos argilo-arenosos semelhantes aos da Formação Barreiras, e estão submetidos às mesmas condições climáticas, sendo o relevo e os organismos os principais fatores de formação diferenciadores. O relevo local variou de plano (P2, P3 e P4) a suave ondulado (P1), interferindo na infiltração e escoamento das águas na sequência de solos estudadas, contudo não o suficiente para diferenciá-los ao nível de ordem e subordem, sendo todos classificados como Latossolo Amarelo, bem desenvolvidos e com profundidade superior a 200 cm.

Os solos possuem sequência de horizontes A-AB-BA-Bw, diferenciando segundo a espessura e subdivisão do horizonte superficial. Os perfis P1, P2 e P3 apresenta sequência A1, A2, AB, BA, Bw1 e Bw2, ganhando o sufixo “p” quando submetidos a atividade de pastoreio (P1 e P2). O P4 aparenta o horizonte A mais espesso e dividido em três subhorizontes, A1, A2 e A3, enquanto o Bw2 foi possível observar a profundidade superior a 180 cm. Araújo (2014), também encontrou um horizonte A semelhante ao do P4, em um solo da mesma área, sugerindo que a espessura seja devido a textura franco-argiloarenosa, pois a areia proporciona uma menor superfície de contato para a ligação com os componentes orgânicos, facilitando a passagem da matéria orgânica para áreas mais profundas do perfil. Também a estabilidade morfogenética do topo e a atividade biológica podem contribuir para essa espessura (CALEGARI, 2008)

Todos os solos apresentam o mesmo matiz (10 YR), com cores variando entre bruno-escuro e bruno amarelado. O horizonte A possui valor e croma em cor úmida menor ou igual a três, provenientes do acúmulo de carbono orgânico, atendendo a um dos critérios de enquadramento como húmico. Já os Bw por possuírem menos matéria orgânica são bruno-amarelados. Essa cor amarelada provém da presença da goethita, identificada na análise mineralógica por DRX (Figura 16). Esse oxihidróxido é formado pelos baixos teores de ferro no material de origem e pela umidade relativamente alta (CORRÊA et al., 2008a), e é predominante nos Latossolos e

Argissolos Amarelos (LIMA NETO et al., 2010) e Vermelho-Amarelo (CORRÊA et al., 2008a,b) coesos dos Tabuleiros Costeiros.

Na base do horizonte BA do P2 ocorrem poucos mosqueados com coloração vermelha de tamanho pequeno e médio, com contraste das manchas distinto em relação ao fundo matricial, provavelmente causados pela baixa condutividade hidráulica promovida pelo horizonte coeso na qual promove uma má drenagem (LIMA NETO et al., 2009).

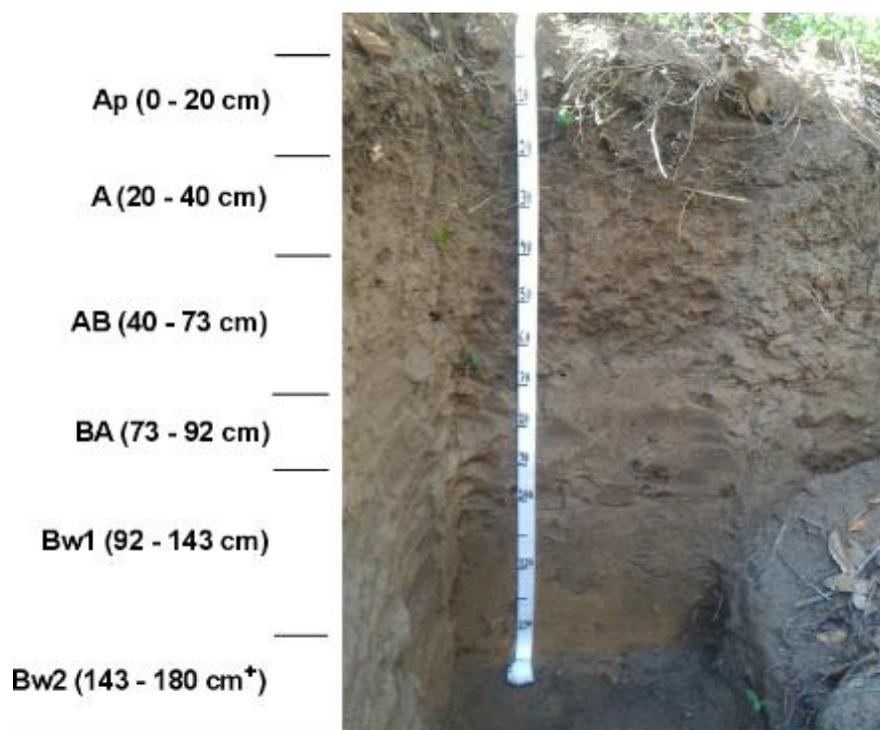


Figura 10 - Distribuição e classificação dos horizontes do P1

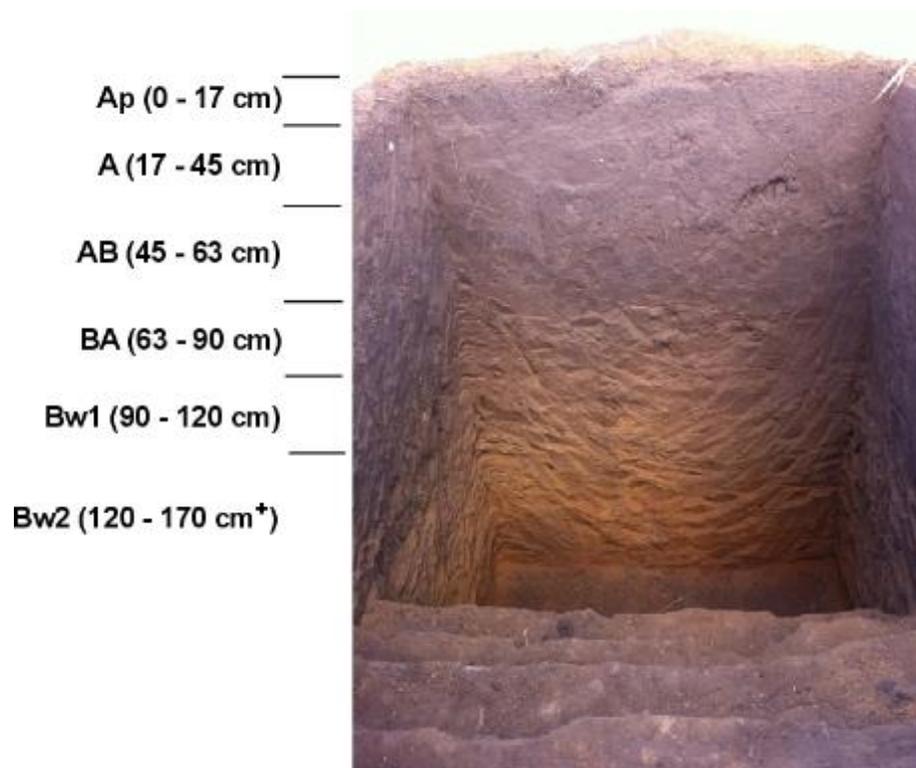


Figura 11 - Distribuição e classificação dos horizontes do P2

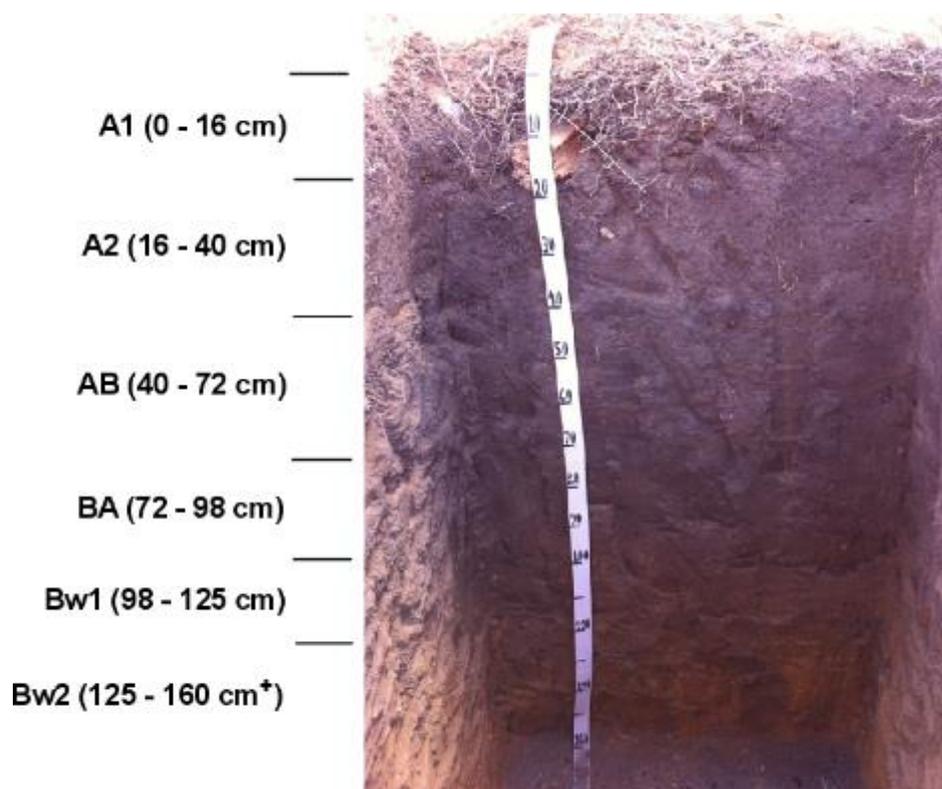


Figura 12 - Distribuição e classificação dos horizontes do P3

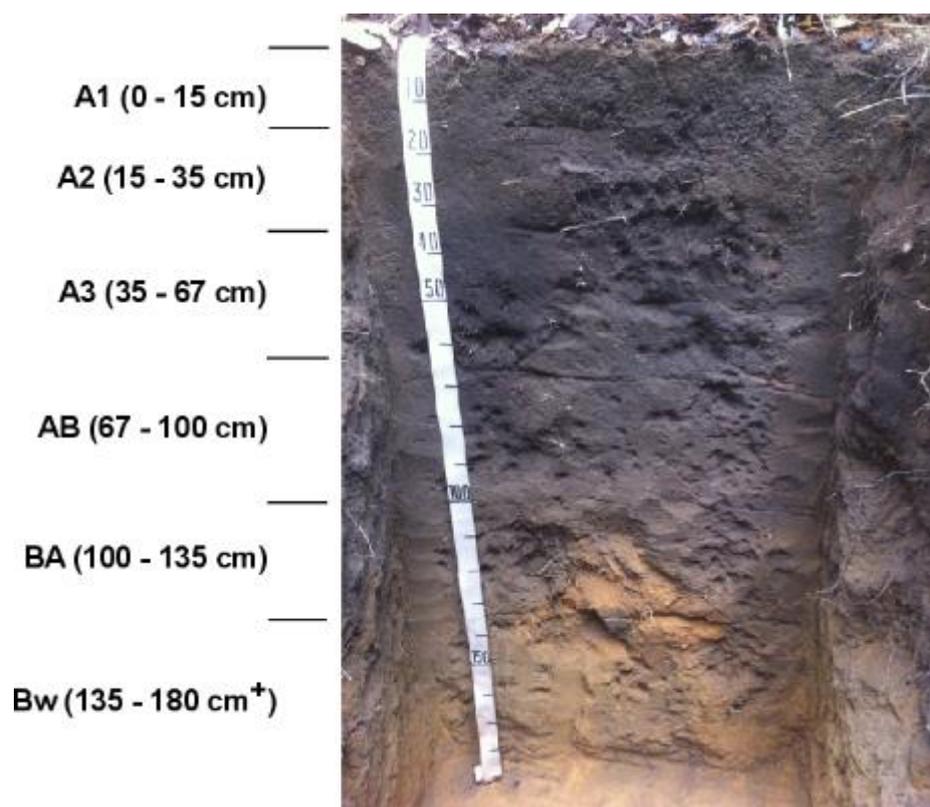


Figura 13 - Distribuição e classificação dos horizontes do P4

Tabela 2 - Atributos morfológicos dos quatro perfis da topossequência

Horizontes Símbolo	Profun. (cm)	Cor Munsell		Textura	Estrutura (grau, tamanho e forma)	Consistência (seca, úmida e molhada)	Transição
		Úmido	Seco				
P1 – LATOSSOLO AMARELO Distrófico típico (Terço inferior da encosta)							
Ap	0-20	10 YR 3/2	10 YR 4/2	Franco-Argiloarenosa	Moderada e forte pequena granular	Ligeiramente dura e dura, friável, plástica e ligeiramente pegajosa	Gradual e plana
A	20-40	10 YR 3/3	10 YR 4/3	Argila	Fraca pequena a média blocos subangulares e fraca pequena granular	Dura, friável, plástica e ligeiramente pegajosa	Gradual e plana
AB	40-73	10 YR 4/3	10 YR 5/3	Argila	Fraca média blocos subangulares	Dura, friável, plástica e ligeiramente pegajosa	Gradual e plana
BA	73-92	10 YR 4/4	10 YR 5/4	Argila	Fraca média blocos subangulares	Dura, friável, plástica e ligeiramente pegajosa	Clara e plana
Bw1	92-143	10 YR 4/6	10 YR 6/4	Argila	Fraca pequena a média blocos subangulares	Ligeiramente dura, muito friável, plástica e ligeiramente pegajosa	Gradual e plana
Bw2	143-180+	10 YR 6/8	10 YR 6/6	Muito argilosa	Fraca pequena a média blocos subangulares	Ligeiramente dura e dura, muito friável, plástica e ligeiramente pegajosa	—
P2 – LATOSSOLO AMARELO Distrocoeso argissólico (Terço médio da encosta)							
Ap	0-17	10 YR 3/2	10 YR 4/1	Franco-argiloarenosa	Moderada e forte pequena e média granular	Ligeramente dura, muito friável, ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa	Gradual e plana
A	17-45	10 YR 3/2	10 YR 5/2	Argila	Moderada média granular e fraca pequena a média blocos subangulares	Ligeramente dura, friável, ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa	Gradual e plana
AB	45-63	10 YR 3/2	10 YR 4/2	Argila	Fraca média blocos subangulares	Muito dura, firme, plástica e pegajosa	Gradual e plana
BA	63-90	10 YR 3/3	10 YR 5/4	Argila	Maciça, moderadamente coesa	Dura, friável, plástica e pegajosa	Gradual e plana
Bw1	90-120	10 YR 4/6	10 YR 6/6	Argila	Fraca pequena e média blocos subangulares	Dura, muito friável, plástica e pegajosa	Difusa e plana
Bw2	120-170+	10 YR 5/6	10 YR 6/6	Muito argilosa	Fraca média blocos subangulares	Macia e ligeiramente dura, muito friável, plástica e pegajosa	—

Obs.: Marcação em negrito indica horizontes e/ou camadas coesas.

(Continua na próxima página)

... Continuação

Horizontes Símbolo	Profun. (cm)	Cor Munsell		Textura	Estrutura (grau, tamanho e forma)	Consistência (seca, úmida e molhada)	Transição
		Úmido	Seco				
P3 - LATOSSOLO AMARELO Distrocoeso argissólico (Terço médio da encosta)							
A1	0-16	10 YR 3/2	10 YR 4/1	Franco-argiloarenosa	Moderada e forte pequena e média granular	Ligeiramente dura, friável, ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa	Gradual e plana
A2	16-40	10 YR 3/2	10 YR 5/2	Argiloarenosa	Moderada e forte pequena granular	Ligeiramente dura, friável, plástica e ligeiramente pegajosa	Gradual e plana
AB	40-72	10 YR 3/2	10 YR 4/2	Argila	Fraca pequena e média blocos subangulares	Muito dura, friável, plástica e ligeiramente pegajosa	Gradual e plana
BA	72-98	10 YR 3/3	10 YR 5/4	Argila	Maciça moderadamente coesa e fraca pequena blocos subangulares e	Muito dura, friável, plástica e ligeiramente pegajosa	Gradual e plana
Bw1	98-125	10 YR 4/4	10 YR 6/6	Muito argilosa	Fraca pequena blocos subangulares e maciça moderadamente coesa	Dura, friável, plástica e ligeiramente pegajosa	Gradual e plana
Bw2	125-160 ⁺	10 YR 5/8	10 YR 6/6	Muito argilosa	Fraca pequena e média blocos subangulares	Dura, friável, plástica e ligeiramente pegajosa	—
P4 – LATOSSOLO AMARELO Distrocoeso argissólico (Topo da encosta)							
A1	0-15	10 YR 3/2	10 YR 4/2	Franco-argiloarenosa	Moderada e forte pequena e média granular	Muito friável, ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa	Gradual e plana
A2	15-35	10 YR 3/2	10 YR 4/2	Franco-Argiloarenosa	Moderada pequena a média granular e fraca pequena blocos subangulares	Friável, ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa	Gradual e plana
A3	35-67	10 YR 3/3	10 YR 4/2	Franco-Argiloarenosa	Fraca pequena granular e em blocos subangulares	Friável, ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa	Gradual e plana
AB	67-100	10 YR 3/3	10 YR 4/2	Argila	Fraca pequena blocos subangulares	Ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa	Difusa e plana
BA	100-135	10 YR 4/4	10 YR 5/4	Argila	Maciça moderadamente coesa e fraca pequena blocos subangulares	Friável e firme, plástica e pegajosa	Gradual e plana
Bw	135-180 ⁺	10 YR 4/6	10 YR 6/6	Argila	Fraca muito pequena blocos subangulares	Friável, plástica e pegajosa	—

Obs.: Marcação em negrito indica horizontes e/ou camadas coesas.

A classe textural dos solos varia de franco-argiloarenosa a argila no A e argila a muito argilosa no Bw, indicando baixo gradiente textural para todos os perfis estudados. O gradiente é menos expressivo para os perfis P1 e P2, consequência de menor translocação vertical de argila ao longo do perfil na topossequência na direção topo-baixada.

Os tamanhos das estruturas granulares e blocos subangulares encontradas nos horizontes A variam de pequena a média, com as granulares em grau moderada a forte, e fraca em blocos subangulares. Exceção é observada para o A do P1 que possui grau fraco. A estrutura dos horizontes A é muito influenciada pelo teor de matéria orgânica, atividade da micro e macrofauna e flora e ciclos de umedecimento e secagem (ARAÚJO, 2010; SANTOS et al., 2015).

Nos horizontes B a estrutura é formada por fracos blocos subangulares, e com tendência a maciça nos seus primeiros centímetros (topo do horizonte) apenas para os perfis 2, 3 e 4. Esse grau estrutural, maciço, é observado no horizonte transicional BA e está associado a forte resistência a penetração da faca e consistência dura a muito dura quando seca e friável quando úmida. Tais critérios permitem a identificação do caráter coeso (EMBRAPA, 2013) nos horizontes AB e BA do P2, BA e topo do Bw1 do P3, BA e base do AB do P4, e constitui um fator limitante para a penetração das raízes e circulação do ar e da água. A coesão impede o crescimento vertical das raízes, fazendo com que elas cresçam paralelamente sobre o horizonte coeso (Figura 14).



Figura 14 - Raiz crescendo paralelamente sobre o horizonte coeso

O caráter coeso é observado em profundidade a partir de 45 cm (P2), podendo chegar a 135 cm (P4), para os solos estudados. Essa ocorrência é superior ao normalmente descrito para Argissolos e Latossolos da Formação Barreiras e deve-se provavelmente ao efeito positivo dos elevados teores de matéria orgânica na agregação e estabilização da estrutura granular, e por desorganizar o ajuste face a face da caulinita com consequente espessamento do horizonte A e inibição do caráter coeso (UFV, 1984; MOREAU et al., 2006; ARAÚJO, 2010). Segundo vários autores, os Latossolos Amarelos dos Tabuleiros Costeiros apresentam o caráter coeso, em condição natural, na faixa compreendida entre 20 e 60 cm. (RIBEIRO, 2001; SANTOS et al., 2013;).

Apenas o P1 não possui coesão expressiva que permita a utilização desse critério no terceiro nível categórico (EMBRAPA, 2013), pois a sua estrutura apresenta-se em blocos fracamente desenvolvido e sua consistência varia de friável a dura, contudo a resistência a penetração da faca e martelo pedológico foi inferior ao observado para os demais perfis.

A forma de transição entre os horizontes é sempre plana, gradual e difusa, típico de Latossolos (EMBRAPA, 2013).

4.2 Atributos Físicos

Observando a Tabela 3 percebe-se que o conteúdo de areia total vai de 297 a 677 g kg⁻¹, diminuindo gradativamente com o aumento da profundidade. Na fração areia, predominam a areia média e grossa, variando de 75 a 221 g kg⁻¹ e 76 a 297 g kg⁻¹, respectivamente, sendo mais expressiva nos horizontes A. Enquanto as outras frações de areia e o silte pouco variam com a profundidade e apresentam valores menores que 114 g kg⁻¹. Esses resultados estão de acordo com outros solos dos Tabuleiros Costeiros estudados por Moreau et al. (2006) e Lima Neto et al. (2009).

Tabela 3 - Atributos físicos dos quatro perfis da topossequência

Horizontes		Granulometria da TFSA										Densidade		Pt	
Símbolo	Profun. cm	Areia						Silte	Argila	Silte/ argila	Argila dispersa em H ₂ O	Grau de floculação %	solo		%
		Muito Grossa	Grossa	Média	Fina	Muito fina	Total						Mg m ⁻³	partícula	
P1 – LATOSSOLO AMARELO Distrocóeso típico (Terço inferior da encosta)															
Ap	0-20	82	140	156	104	31	513	102	385	0,3	193	50	1,13	2,57	56
A	20-40	74	122	113	87	27	423	57	520	0,1	296	43	1,39	2,62	47
AB	40-73	55	107	107	91	34	394	57	549	0,1	0	100	1,29	2,69	52
BA	73-92	62	100	100	89	37	389	62	549	0,1	0	100	1,20	2,67	55
Bw1	92-143	72	96	91	85	37	380	51	569	0,1	0	100	1,25	2,67	53
Bw2	143-180 ⁺	55	76	75	72	33	311	37	652	0,1	0	100	1,23	2,67	54
P2 – LATOSSOLO AMARELO Distrocóeso argissólico (Terço médio de encosta)															
Ap	0-17	52	180	221	122	31	606	88	306	0,3	143	53	1,04	2,53	59
A	17-45	78	172	173	103	26	552	82	366	0,2	203	44	1,35	2,63	49
AB	45-63	61	120	115	89	28	413	57	530	0,1	346	35	1,51	2,67	44
BA	63-90	71	113	104	86	32	406	54	540	0,1	336	38	1,19	2,67	55
Bw1	90-120	62	105	104	94	40	405	68	527	0,1	0	100	1,19	2,71	56
Bw2	120-170 ⁺	41	79	79	68	30	297	52	651	0,1	0	100	1,31	2,69	51

Obs.: Marcação em negrito indica horizontes e/ou camadas coesas. Pt = Porosidade total.

(Continua na próxima página)

... Continuação

Horizontes		Granulometria da TFSA										Densidade		Pt	
Símbolo	Profun. cm	Areia						Silte	Argila	Silte/ argila	Argila dispersa em H ₂ O	Grau de floculação %	solo		partícula
		Muito Grossa	Grossa	Média	Fina	Muito fina	Total						Mg m ⁻³		%
P3 - LATOSSOLO AMARELO Distrocoeso argissólico (Terço médio da encosta)															
A1	0-16	113	297	187	66	14	677	60	280	0,2	142	46	1,37	2,56	46
A2	16-40	68	169	175	107	24	543	69	420	0,2	265	32	1,32	2,62	50
AB	40-72	51	138	127	90	24	430	64	520	0,1	334	34	1,36	2,63	48
BA	72-98	51	116	99	81	16	363	65	572	0,1	0	100	1,29	2,65	51
Bw1	98-125	44	94	85	74	21	318	68	614	0,1	0	100	1,25	2,65	53
Bw2	125-160 ⁺	45	93	88	72	23	321	62	617	0,1	0	100	1,23	2,67	54
P4 – LATOSSOLO AMARELO Distrocoeso argissólico (Topo da encosta)															
A1	0-15	77	219	177	81	22	576	88	336	0,3	153	54	1,20	2,58	54
A2	15-35	59	167	175	107	29	537	93	370	0,3	165	55	1,30	2,67	51
A3	35-67	52	182	168	97	24	523	67	410	0,2	0	100	1,41	2,64	46
AB	67-100	44	124	116	85	27	396	73	531	0,1	0	100	1,46	2,65	45
BA	100-135	53	124	115	85	34	411	58	531	0,1	0	100	1,34	2,64	49
Bw	135-180 ⁺	50	102	96	76	30	354	55	591	0,1	0	100	1,19	2,69	56

Obs.: Marcação em negrito indica horizontes e/ou camadas coesas. Pt = Porosidade total.

A baixa relação silte/argila (entre 0,1 a 0,3) indica solos com alto grau de intemperismo, semelhante ao que ocorre com solos dos Tabuleiros Costeiros, pois são solos resultantes dos produtos da alteração de sedimentos pré-intemperizados (MOREAU et al., 2006).

Em todos os horizontes A (excluindo o A3 do P4), nos AB do P2 e P3, e no BA do P2 houve dispersão da argila em água (de 142 a 346 g kg⁻¹), enquanto nos horizontes restantes, mais profundos e com menores teores de matéria orgânica, 100 % da argila floculou, semelhante aos solos estudados por Moreau et al. (2006) e Araújo et al. (2015). Esse fato deve-se a matéria orgânica, representada pelo carbono orgânico (Tabela 5), superior nos horizontes superficiais, promovendo a neutralização das cargas positivas e aumentando a densidade de cargas negativas causando assim a dispersão das argilas (VISSER e CALLIER, 1988). Nos horizontes mais profundos, onde a quantidade de matéria orgânica é menor ocorre a floculação (CORRÊA et al., 2008c; LIMA NETO et al., 2009; ARAUJO et al., 2015). Essa dispersão em água da argila favorece a sua translocação do horizonte A para o B.

A relação textural superior a 1,4, justifica o emprego do termo argissólico no quarto nível categórico dos P2, P3 e P4. O P1 apresenta valor inferior a 1,4, pois recebe argila erodida da porção superior da topossequência. Segundo Corrêa et al. (2008c), a fração argila fina é mais fácil de ser translocada, entupir poros e aumentar a coesão.

A densidade dos solos (Ds) variou de 1,04 Mg m⁻³ a 1,51 Mg m⁻³. Esses valores não expressaram a coesão encontrada na morfologia, estando na sua maioria inferiores aos limites (1,5 a 1,8 Mg m⁻³) propostos por Araújo Filho (2001).

Os valores de densidade da partícula (Dp) foram próximos à massa específica do quartzo e caulinita, que é 2,65 Mg m⁻³, refletindo assim como nos solos dos Tabuleiros Costeiros a presença dominante desses minerais (CINTRA et al., 2009). Nos horizontes A1, a Dp foi menor provavelmente devido a maior quantidade presente de matéria orgânica a qual possui menor massa específica.

Os perfis 1 e 2 apresentam a maior porosidade total (Pt) da topossequência, com média de 53 e 52 %, respectivamente, enquanto os perfis 3 e 4 possuem média igual a 50 %. Os horizontes AB apresentaram as menores porosidades e maiores Ds.

4.3 Grau de seleção da areia

As análises estatísticas do fracionamento da areia estão na Tabela 4. Os valores do desvio padrão (σ) da escala de Φ de todos os horizontes encontra-se entre 1,00 e 2,00, indicando a presença de areia pobremente selecionada, segundo a classificação de Krumbein (1934), modificado por Udden (1914) e Wentworth (1922). O pobre grau de seleção também foi encontrado em horizontes coesos do Estado do Ceará estudados por Bezerra et al. (2014).

Tabela 4 - Parâmetros estatísticos (média \pm desvio padrão) da fração areia e grau de seleção de acordo com Folk e Ward (1957) para horizontes com (BA, com exceção do BA do P1) e sem caráter coeso (AB, Bw e o BA do P1)

Perfil / Horizonte	Profundidade	Φ	Curtose	Assimetria	Grau de seleção
P1 / AB	40-73	1,42 (\pm 1,33)	Platicúrtico	Simétrico	Pobremente selecionado
P1 / BA	73-92	1,40 (\pm 1,37)	Platicúrtico	Simétrico	
P1 / Bw1	92-143	1,33 (\pm 1,42)	Platicúrtico	Simétrico	
P2 / A	17-45	1,23 (\pm 1,19)	Mesocúrtico	Simétrico	
P2 / BA	63-90	1,29 (\pm1,35)	Platicúrtico	+	
P2 / Bw1	90-120	1,43 (\pm 1,37)	Platicúrtico	Simétrico	
P3 / A2	16-40	1,27 (\pm 1,18)	Mesocúrtico	Simétrico	
P3 / BA	72-98	1,27 (\pm1,22)	Platicúrtico	+	
P3 / Bw2	125-160 ⁺	1,36 (\pm 1,29)	Platicúrtico	Simétrico	
P4 / A3	35-67	1,27 (\pm 1,14)	Mesocúrtico	+	
P4 / BA	100-135	1,38 (\pm1,30)	Mesocúrtico	+	
P4 / Bw	135-180 ⁺	1,38 (\pm 1,32)	Mesocúrtico	+	

Obs.: Φ = diâmetro da partícula na escala de Krumbein (1934); + = assimetria positiva ou à direita (tende para a fração grossa). Marcação em negrito indica horizontes e/ou camadas coesas

Pela distribuição heterogênea da areia (pobremente selecionados), podemos perceber que há uma melhor acomodação dos grãos de areia, pois as frações menores se ajustam dentro dos espaços deixados entre os grãos maiores, que juntamente com

o material fino forma um empacotamento mais resistente do que se fosse formado apenas por grãos de areia bem selecionados (ABRAHÃO et al., 1998).

No presente estudo, o grau de areia pouco ajudou no entendimento da coesão, pois não foi sensível para diferenciar horizontes coesos de não coesos, e principalmente porque os solos são argilosos a muito argilosos. Nesses ambientes os grãos de areia ficaram separados por uma grossa camada de argila e assim não tão empacotados, como pode ser visto na micromorfologia (Figura 17).

De acordo com a simetria, todos os horizontes coesos e o P4 apresentaram assimetria positiva, tendendo para a direita, mais precisamente concentrando nas frações média e grossa. Enquanto os outros horizontes foram simétricos.

4.4 Atributos químicos

Observando os resultados das análises químicas (Tabela 5), percebe-se que todos os solos possuem reação fortemente ácida, com pH variando de 4,2 a 5,4 (EMBRAPA, 2000; EMBRAPA, 2006). O Δ pH variou de -0,6 a -1,0, mostrando que há predomínio de cargas negativas no complexo de troca, apesar do intenso intemperismo, e reflete a natureza caulínica (Figura 16) e baixa fertilidade natural típica de solos coesos (LIMA et al., 2004; MELO et al., 2006).

Os solos são pobres em bases, com soma de bases (SB) variando entre 1,3 a 5,2 $\text{cmol}_c \text{kg}^{-1}$, possivelmente por causa da elevada precipitação pluviométrica, relevo suave e boa drenagem, que propiciam forte lixiviação (EMBRAPA, 2000). A SB é representada principalmente pelo Ca^{2+} e Mg^{2+} , principalmente nos horizontes A1 e Ap, provavelmente devido a ciclagem de nutrientes pela vegetação em solos altamente lixiviados (SIMAS et al., 2005).

Por serem solos com baixa atividade da argila (EMBRAPA, 2000), a CTC apresentou-se dependente do carbono orgânico do solo ($r = 0,86$, $p < 0,05$), decrescendo com a profundidade (CORRÊA, 2008c; MARQUES, 2009). A saturação por bases (V) foi menor do que 50 %, caracterizando os solos como distróficos (EMBRAPA, 2000).

Os perfis 3 e 4 possuem a menor saturação por bases (V) e maior saturação por alumínio ($m > 50\%$), provavelmente consequência das perdas de base para as menores cotas e a acidificação do meio pela matéria orgânica, em que há decomposição parcial de argilominerais com liberação de íons de Al^{3+} (VOLKOFF et

al., 1984; SIMAS et al., 2005; MARQUES, 2009). Os Latossolos Amarelos da região da Borborema, assim como dos Tabuleiros Costeiros possuem alta saturação por alumínio devido ao avançado estágio de intemperismo (EMBRAPA, 2000).

Os teores de P disponível foram baixos, variando de 0,07 a 1,2 mg kg⁻¹, com maiores valores nos horizontes superficiais, onde possui os maiores valores de matéria orgânica na qual reduz a fixação de fósforo (EMBRAPA, 2000; ALMEIDA, TORRENT e BARRÓN, 2003). A pobreza de P no material de origem é o responsável pelos baixos teores (CORRÊA, 2005; LIMA et al., 2004; OLIVEIRA et al., 2008; LIMA NETO, 2009).

Os valores de carbono orgânico vão de 2,86 a 31,13 g kg⁻¹, decrescendo com o aumento da profundidade, e com o P4 apresentando os maiores valores. Os menores teores de CO nos P1, P2 e P3 são causados pelo uso antrópico das áreas onde se encontram, no qual elevou a decomposição da matéria orgânica (ARAÚJO et al., 2015). Esses mesmos autores acharam valores semelhantes e consideraram altos, e relataram que indica alta capacidade de armazenamento de C no solo principalmente ao clima de altitude da região que é relativamente frio.

O carbono orgânico tem grande importância nesses solos, pois influencia significativamente nas propriedades morfológicas (cor escura e caráter coeso), físicas (ADA), químicas (fonte e disponibilidade de elementos) e cristalinidade dos óxidos.

Tabela 5 - Atributos químicos dos quatro perfis da topossequência

Símbolo	Horizontes Profun. cm	pH (1:2,5)			Complexo Sortivo										P disponível mg kg ⁻¹	Carbono Orgânico* g kg ⁻¹
		Água	KCl	ΔpH	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	K ⁺	Al ³⁺	H + Al	SB	CTC	V	m		
		cmol _c kg ⁻¹										%				
P1 – LATOSSOLO AMARELO Distrocoeso típico (Terço inferior da encosta)																
Ap	0-20	5,2	4,3	-0,9	1,8	2,1	0,03	0,01	1,1	5,5	3,9	9	41	22	0,03	21,15
A	20-40	4,7	3,8	-0,9	1,2	0,9	0,03	0,01	1,2	5,5	2,1	8	28	35	0,00	13,00
AB	40-73	4,5	3,9	-0,7	0,9	0,7	0,03	0,02	1,8	4,1	1,7	6	29	50	0,01	8,00
BA	73-92	4,6	3,9	-0,7	1,0	0,6	0,03	0,00	1,1	4,2	1,6	6	27	41	0,01	7,45
Bw1	92-143	4,7	4,0	-0,7	1,1	0,6	0,02	0,00	1,3	3,2	1,7	5	35	43	0,01	5,28
Bw2	143-180 ⁺	4,8	4,1	-0,7	1,0	0,3	0,02	0,00	0,4	2,5	1,4	4	36	22	0,02	3,75
P2 – LATOSSOLO AMARELO Distrocoeso argissólico (Terço médio da encosta)																
Ap	0-17	5,1	4,4	-0,7	2,2	2,9	0,02	0,01	0,5	5,1	5,2	10	50	8	0,52	21,76
A	17-45	4,8	3,9	-0,9	1,3	1,1	0,02	0,01	1,4	5,7	2,4	8	30	36	0,01	12,62
AB	45-63	4,6	3,9	-0,6	1,1	1,0	0,02	0,01	1,8	4,5	2,1	7	32	46	0,10	7,63
BA	63-90	4,9	3,9	-0,9	1,0	0,8	0,02	0,00	1,2	4,4	1,9	6	30	38	0,11	6,66
Bw1	90-120	5,0	4,0	-1,0	1,0	0,6	0,03	0,00	0,8	2,8	1,7	4	37	31	0,23	4,14
Bw2	120-170 ⁺	4,8	4,1	-0,7	0,9	0,5	0,02	0,01	0,6	1,9	1,4	3	43	28	0,25	2,86
P3 - LATOSSOLO AMARELO Distrocoeso argissólico (Terço médio da encosta)																
A1	0-10	5,4	4,5	-0,9	1,4	1,3	0,02	0,02	0,0	5,2	2,8	8	35	0	1,20	17,76
A2	10-40	4,8	3,9	-1,0	1,3	0,6	0,02	0,01	1,6	7,7	1,9	10	20	45	0,22	12,38
AB	40-72	4,8	3,9	-0,9	1,0	0,5	0,02	0,01	2,1	6,0	1,5	8	20	57	0,07	7,67
BA	72-98	4,9	3,9	-1,0	0,7	0,5	0,02	0,00	1,7	5,5	1,3	7	19	57	0,13	6,97
Bw1	98-125	4,9	4,0	-0,9	1,2	0,7	0,02	0,00	0,8	4,5	1,9	6	29	29	0,23	4,57
Bw2	125-160 ⁺	5,1	4,1	-1,0	1,0	0,7	0,01	0,00	0,7	3,0	1,7	5	36	29	0,25	3,11
P4 – LATOSSOLO AMARELO Distrocoeso argissólico (Topo da encosta)																
A1	0-15	4,3	3,6	-0,7	1,2	0,8	0,02	0,01	1,2	10,0	2,0	12	17	37	0,07	31,13
A2	15-35	4,5	3,8	-0,8	0,9	0,6	0,02	0,01	2,3	7,8	1,6	9	17	59	0,13	28,36
A3	35-67	4,2	3,8	-0,4	1,0	0,5	0,01	0,00	2,1	6,9	1,4	8	17	59	0,07	18,87
AB	67-100	4,5	3,9	-0,6	0,8	0,5	0,02	0,00	1,5	6,7	1,3	8	16	53	0,23	14,08
BA	100-135	4,5	3,9	-0,6	0,8	0,4	0,01	0,00	1,2	5,0	1,3	6	21	47	0,20	10,07
Bw	135-180 ⁺	4,8	4,1	-0,7	0,8	0,6	0,02	0,01	0,8	3,3	1,5	5	31	35	0,25	6,40

Obs.: Marcação em negrito indica horizontes e/ou camadas coesas. * Carbono orgânico do P4 obtido de Araújo 2010.

4.5 Extrações seletivas de Fe, Si e Al na TFSA com DCB e OAA

Os perfis apresentam características semelhantes em relação aos teores de óxidos de Fe, não havendo expressivas diferenças entre eles. Os resultados dos teores de Fe, Si e Al extraídos por DCB e oxalato ácido de amônio (OAA), como também suas relações estão apresentadas na Tabela 6.

Assim como Lima Neto et al. (2010) e Corrêa et al. (2015), não foi percebido tendência de aumento no teor dos elementos Fe, Si e Al em suas formas cristalina ou de baixa cristalinidade nos horizontes coesos. O que sugere que esses elementos não afetam a coesão ocorrida nesses solos.

Os teores relativos à totalidade dos óxidos de Fe pedogênicos (Fe_d) variou de 0,72 a 2,45 dag kg^{-1} , e aos óxidos de Fe de baixa cristalinidade (Fe_o) de 0,03 a 0,11. Moreau et al. (2006) e Lima Neto et al. (2010), encontraram valores $< 6,3$ dag kg^{-1} para Fe_d e $< 2,5$ dag kg^{-1} para Fe_o , em Latossolos e Argissolos com caráter coeso dos Tabuleiros Costeiros e consideraram baixos. Eles atribuíram a pobreza desse elemento no material de origem sedimentar argilo-arenoso do Grupo Barreiras. O material de origem dos solos do presente trabalho é semelhante.

Os horizontes superficiais possuem os menores valores (menor que 1,1 dag kg^{-1}) de Fe_d e Fe cristalino ($Fe_d - Fe_o$). Esses menores valores, possivelmente estão relacionados com o maior conteúdo de matéria orgânica nesses horizontes, no qual impede a cristalização dos óxidos de ferro (SCHEWERTMANN; TAYLOR, 1989; MIGUEL et al., 2013). Há um leve aumento do Fe_d com a profundidade, acompanhando os maiores conteúdos de argila com correlação positiva e significativa ($r = 0,90$, $p < 0,05$).

Os teores de silício DCB (Si_d) variaram de 0,30 a 0,66 dag kg^{-1} , e não foi observada tendência de aumento nos horizontes coesos e nem correlação com a densidade do solo (CORRÊA et al., 2015; MOREAU et al., 2006). Também não houve correlação com a relação Fe_o / Fe_d , para associar a extração de Si pelo DCB aos óxidos de ferro de melhor cristalinidade (CORRÊA et al., 2015).

Tabela 6 - Teores de Fe, Si e Al extraídos por DCB e Oxalato de Amônio, em TFSA

Horizontes	Profundidade (cm)	DCB			Oxalato			Fe			
		Fe _d	Si _d	Al _d	Fe _o	Si _o	Al _o	cristalino	Fe _o / Fe _d	Si _o / Si _d	Al _o / Al _d
dag kg ⁻¹ ou %											
P1 – LATOSSOLO AMARELO Distrófico típico (Terço inferior da encosta)											
Ap	0-20	0,94	0,42	0,31	0,06	0,03	0,17	0,88	0,06	0,07	0,55
A	20-40	1,29	0,51	0,32	0,08	0,01	0,25	1,21	0,06	0,02	0,78
AB	40-73	1,92	0,46	0,34	0,06	0,01	0,29	1,86	0,03	0,02	0,85
BA	73-92	1,70	0,39	0,35	0,11	0,01	0,20	1,59	0,06	0,03	0,57
Bw1	92-143	1,46	0,42	0,31	0,07	0,01	0,31	1,39	0,05	0,02	1,00
Bw2	143-180 ⁺	1,18	0,37	0,19	0,08	0,06	0,21	1,1	0,07	0,16	1,11
P2 – LATOSSOLO AMARELO Distrocoeso argissólico (Terço médio da encosta)											
Ap	0-17	0,72	0,44	0,22	0,07	0,03	0,20	0,65	0,10	0,07	0,91
A	17-45	1,38	0,50	0,38	0,08	0,01	0,25	1,3	0,06	0,02	0,66
AB	45-63	1,63	0,54	0,48	0,10	0,01	0,21	1,53	0,06	0,02	0,44
BA	63-90	1,74	0,63	0,51	0,06	0,04	0,24	1,68	0,03	0,06	0,47
Bw1	90-120	1,15	0,54	0,36	0,04	0,10	0,18	1,11	0,03	0,19	0,50
Bw2	120-170 ⁺	1,23	0,61	0,17	0,07	0,02	0,23	1,16	0,06	0,03	1,35
P3 - LATOSSOLO AMARELO Distrocoeso argissólico (Terço médio da encosta)											
A1	0-16	0,83	0,43	0,24	0,04	0,12	0,21	0,79	0,05	0,28	0,88
A2	16-40	1,09	0,30	0,33	0,03	0,14	0,19	1,06	0,03	0,47	0,58
AB	40-72	1,54	0,31	0,42	0,09	0,01	0,18	1,45	0,06	0,03	0,43
BA	72-98	1,87	0,52	0,44	0,09	0,09	0,26	1,78	0,05	0,17	0,59
Bw1	98-125	2,01	0,46	0,29	0,09	0,13	0,15	1,92	0,04	0,28	0,52
Bw2	125-160 ⁺	2,45	0,66	0,19	0,08	0,11	0,28	2,37	0,03	0,17	1,47
P4 – LATOSSOLO AMARELO Distrocoeso argissólico (Topo da encosta)											
A1	0-15	1,06	0,48	0,32	0,06	0,10	0,17	1	0,06	0,21	0,53
A2	15-35	0,90	0,57	0,34	0,09	0,10	0,21	0,81	0,10	0,18	0,62
A3	35-67	1,20	0,34	0,30	0,08	0,07	0,24	1,12	0,07	0,21	0,80
AB	67-100	1,53	0,61	0,37	0,07	0,05	0,18	1,46	0,05	0,08	0,49
BA	100-135	1,28	0,43	0,35	0,07	0,07	0,18	1,21	0,05	0,16	0,51
Bw	135-180 ⁺	1,56	0,35	0,22	0,09	0,08	0,19	1,47	0,06	0,23	0,86

Obs.: Marcação em negrito indica horizontes e/ou camadas coesas.

Os resultados para alumínio DCB (Al_d) (0,17 a 0,51 dag kg^{-1}) e alumínio de baixa cristalinidade (Al_o) (0,17 a 31 dag kg^{-1}) foram baixos, semelhante ao encontrado por outros autores que trabalharam com solos do ambiente dos Tabuleiros Costeiros (LIMA et al., 2006; CORRÊA et al., 2008a; MOREAU et al., 2006). Há um pequeno aumento dos valores de Al_d nos horizontes AB e BA, sugerindo dissoluções de aluminossilicatos pequenos e a presença de óxidos de Fe com substituição isomórfica por Al (FONTES; WEED, 1991; CORRÊA et al., 2008a; MIGUEL et al., 2013). Os teores de Al_d se correlacionaram com os de Al trocável ($r = 63$, $p < 0,05$), mostrando que boa parte do Al_d está na forma trocável.

4.6 Fracionamento da argila

Observando a Tabela 7, percebe-se que existe predomínio de argila fina (caulinitas menores do que 0,2 μm , ver Figura 16) em todos os perfis, variando entre 56 a 72 % da argila total, semelhante aos solos dos Tabuleiros Costeiros estudados por Corrêa et al. (2008c). Essa argila fina aumenta em profundidade, que pode ser explicado pelos altos valores de argila dispersa em água (ADA) dos horizontes A, AB e/ou BA.

A Figura 15 mostra a correlação positiva entre a argila fina e ADA, que sugere a possibilidade das argilas finas translocarem ao longo do perfil, preencherem poros, aumentarem a superfície de contato entre os agregados e outras partículas do solo e promoverem expressivo ganho de resistência, como a coesão (CORRÊA et al., 2008c).

Nos solos estudados percebe-se maiores quantidades de argila fina na base dos horizontes AB e na parte superior do horizonte AB do P2, topos do coeso, indicado pelos maiores valores nos perfis de argila fina / argila total, e uma eluviação de argila fina nos horizontes BA, coesos, evidenciado pelos menores conteúdos de argila fina / argila total, como pode ser observado nos perfis 2, 3 e 4 da Tabela 7. Esses processos não ocorrem no P1, em que não apresentou caráter coeso.

A relação areia fina / areia grossa, um índice de descontinuidade litológica, não apresentou expressiva variação entre os horizontes do mesmo perfil, logo não ocorre distintos materiais de origem. O relevo indica que é improvável a deposição em partes elevadas de solo do mesmo material de origem, pois o P1, local mais possível dessa deposição, não ocorre esse acúmulo de argila fina na base do AB e perda no BA.

Tabela 7 - Fracionamento da argila e suas relações, e área superficial específica

Horizonte	Profundidade cm	Arg T	Arg F	Arg Gr	Arg F Arg T	Arg F Arg Gr	Areia fina Areia grossa	ASE
P1 – LATOSSOLO AMARELO Distrófico típico (Terço inferior da encosta)								
Ap	0-20	385	165	220	0,43	0,75	0,36	21,02
A	20-40	520	383	137	0,74	2,79	0,37	32,15
AB	40-73	549	430	119	0,78	3,62	0,46	35,37
BA	73-92	549	425	124	0,77	3,43	0,48	27,24
Bw1	92-143	569	434	135	0,76	3,21	0,47	27,93
Bw2	143-180 ⁺	652	474	178	0,73	2,66	0,51	28,72
P2 – LATOSSOLO AMARELO Distrcoeso argissólico (Terço médio da encosta)								
Ap	0-17	306	182	124	0,60	1,48	0,34	20,41
A	17-45	366	270	96	0,74	2,81	0,31	26,47
AB	45-63	530	416	114	0,79	3,66	0,39	29,26
BA	63-90	540	367	173	0,68	2,12	0,41	31,98
Bw1	90-120	527	397	130	0,75	3,05	0,36	30,37
Bw2	120-170 ⁺	651	504	147	0,77	3,43	0,49	27,55
P3 – LATOSSOLO AMARELO Distrcoeso argissólico (Terço médio da encosta)								
A1	0-16	263	112	151	0,43	0,74	0,14	18,77
A2	16-40	388	298	88	0,77	3,38	0,32	26,92
AB	40-72	506	407	99	0,80	4,09	0,36	27,54
BA	72-98	572	358	214	0,63	1,67	0,36	27,09
Bw1	98-125	614	432	182	0,70	2,37	0,43	35,61
Bw2	125-160 ⁺	617	498	119	0,81	4,18	0,41	27,67
P4 – LATOSSOLO AMARELO Distrcoeso argissólico (Topo da encosta)								
A1	0-15	336	135	201	0,40	0,67	0,22	26,48
A2	15-35	370	184	186	0,50	0,99	0,34	22,16
A3	35-67	410	235	175	0,57	1,34	0,30	29,02
AB	67-100	531	320	211	0,60	1,52	0,39	27,99
BA	100-135	531	248	283	0,47	0,88	0,41	34,96
Bw1	135-180 ⁺	591	476	115	0,81	4,16	0,43	30,23

Obs.: Marcação em negrito indica horizontes e/ou camadas coesas. Arg T = argila total; Arg F = argila fina; Arg G = argila grossa; ASE = Área superficial específica.

Então, provavelmente, essas variações ocorreram em duas fases: na primeira houve a perda de argila fina nos horizontes BA e a formação do coeso, na segunda fase, como os horizontes BA se tornaram mais impermeáveis, a argila fina dos horizontes acima foi acumulando nos horizontes AB. No topo do AB do P4 não foi formado o coeso possivelmente devido ao efeito dos maiores teores de matéria orgânica, da maior atividade dos microrganismos e macrorganismos do solo, e do sistema radicular (SANTOS et al., 2015).

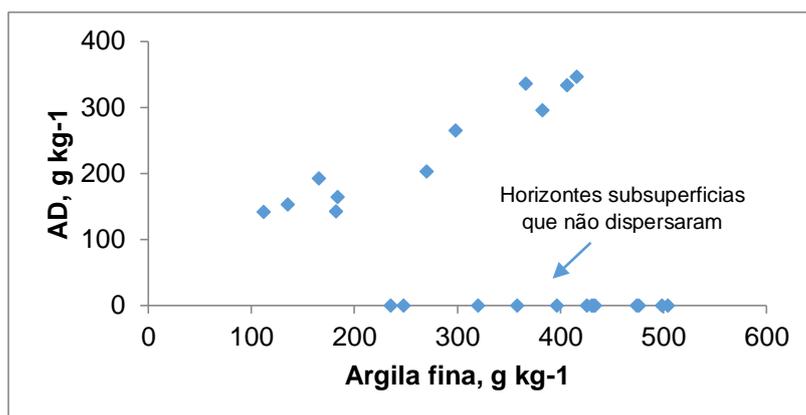


Figura 15 - Relação entre a argila dispersa em água (ADA) e argila fina desferrificada de todos os horizontes estudados. Coeficiente $r = 0,93$ quando é considerado apenas os horizontes que dispersaram

Para reforçar essa teoria, Araújo (2014) estudando a reconstrução paleoambiental da mesma área do presente trabalho, usando técnicas isotópicas ($\delta^{13}C$) com o intuito de determinar a origem da matéria orgânica do solo, observou que houve um aumento do $\delta^{13}C$, no qual sugere que no passado, antes do estabelecimento da floresta atual, houve uma vegetação mais esparsa, com predomínio de plantas C4 nesta área, possivelmente em um clima mais seco, ou menos úmido que atualmente. Então, as duas fases teriam surgido devido a alternância de clima e organismos. A formação do coeso antes de ter formado o húmico, e a iluviação de argila fina a medida que foi acumulando matéria orgânica, na qual aumentou a argila dispersa em água.

Os valores da área superficial específica (ASE) variaram de 18,77 a 35,61 $m^2 g^{-1}$, estando conforme aos valores da ASE da caulinita que é 10 - 30 $m^2 g^{-1}$ (AZEVEDO; VIDAL-TORRADO, 2009), refletindo o domínio da composição mineralógica (ver Figura 16).

A ASE apresentou correlação positiva com a argila total ($r = 0,67$, $p < 0,05$) e argila fina ($r = 0,59$, $p < 0,05$), havendo uma tendência de maior ASE nos horizontes coesos. Lima Neto et al. (2009) encontrou valores de ASE de 24 a 36 $m^2 g^{-1}$, também com os maiores valores observados nos horizontes coesos, sugerindo a maior proporção de argilas muito finas que podem estar relacionadas com o desenvolvimento do caráter coeso.

4.7 Mineralogia da fração argila e cristalografia da caulinita

Os espectros de DRX (Figura 16) sugerem a grande homogeneidade mineralógica dos solos estudados, mostrando a caulinita seguida da goethita como principais constituintes da fração argila, seguida de pequena quantidade de quartzo. Esses resultados estão de acordo com outros autores que estudaram horizontes coesos (GIAROLA et al., 2009; LIMA NETO et al., 2010; RAMOS et al., 2013; DANTAS et al., 2014).

A composição mineralógica da fração argila pode ser explicada pelo intenso intemperismo sofrido pelo material de origem sedimentar argilo-arenoso, pelas condições climáticas e geomorfológicas nos quais favoreceram a hidrólise, a remoção parcial de Si e a posterior concentração de caulinita (MELO et al., 2001; GIAROLA et al., 2009).

Como foi vista na morfologia, a goethita foi a responsável pela cor amarela encontrada nos solos (LIMA NETO et al., 2010). Assim como Moreau et al. (2006) e Dantas et al. (2014) não foi observado a presença de gibbsita. A mineralogia caulinitica e a ausência de gibbsita são indispensáveis a formação do horizonte coeso, pois esse óxido estando presente dificulta o ajuste face a face das lâminas de caulinita em ciclos de umedecimento e secagem, importante na gênese da coesão (UFV, 1984; RESENDE et al., 2007).

Algumas características encontradas na química, como o pH fortemente ácido, o Δ pH e entre -0,6 a -1,0, baixa soma de bases, teores de Al elevados e baixa CTC podem estar associadas a mineralogia caulinitica dos solos estudados (ARAÚJO et al., 2015).

Os picos $d=0,426$ nm e $d=0,334$ nm refletem a presença quartzo. Pequenas quantidades de quartzo na fração argila também foi encontrada por Lima Neto (2010) e Gomes et al. (2012) que estudaram coesos, e ainda em Espodossolos estudados por Carvalho et al. (2013). O quartzo é normalmente encontrado na fração areia, mas também pode estar no silte, argila grossa e fina (DREES et al., 1989). O quartzo pode contribuir para a formação da caulinita liberando lentamente sílica para a solução do solo (MELO et al., 1995).

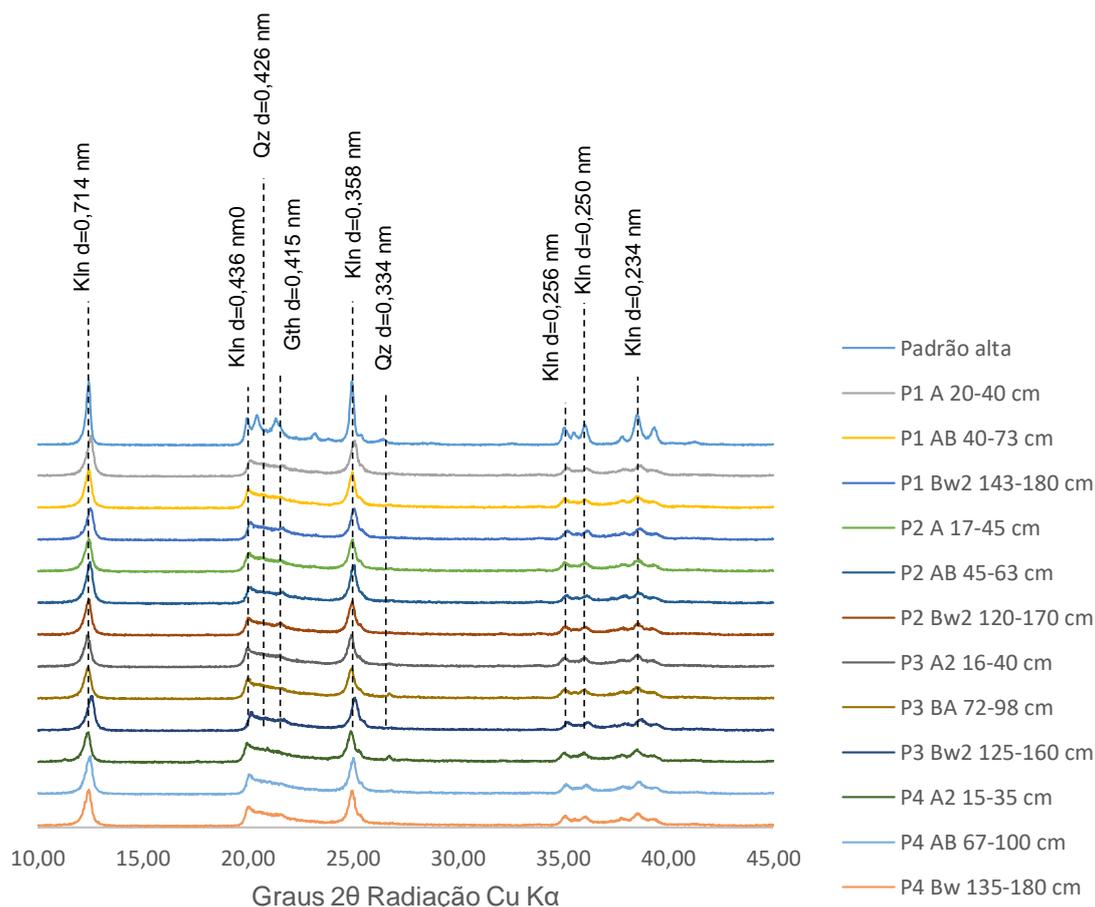


Figura 16 - Espectros de difratometria de raios-X da argila natural (sem tratamentos) dos solos estudados. Abreviações de acordo com Whitney e Evans (2010), em que Kln = caulinita, Gth = Goethita e Qz = quartzo

Na Tabela 8 estão os valores para estes índices encontrados nos DRXs de horizontes coesos (em negrito) e não coeso de cada perfil.

Os valores de IK não tiveram expressivas variações (1,40 a 1,75), indicando que a caulinita apresenta grau de desordem semelhante entre e ao longo dos perfis. Resultados semelhantes de IK foram encontrados por Dantas et al. (2014) que estudaram a relação solo-paisagem de solos coesos do leste do Maranhão e também por Corrêa et al. (2008b) que estudaram as propriedades cristalográficas de caulinitas de solos de diferentes ambientes. Os valores maiores do que um e maior do que a amostra-padrão de alta cristalinidade (0,91) indicam caulinitas desordenadas (STOCH, 1974).

Tabela 8 - Índices de desordenamento e cristalinidade das caulinitas na fração de 0,2 mm

Horizonte / Profundidade	IK	HB
Padrão (Ct – Georgia)	0,91	60,86
P1 - LATOSSOLO AMARELO Distrocoeso típico		
A 20-40 cm	1,44	11,09
AB 40-73 cm	1,75	10,80
Bw2 143-180 CM	1,50	10,42
P2 - LATOSSOLO AMARELO Distrocoeso argissólico		
A 17-45 cm	1,43	11,58
AB 45-63 cm	1,47	12,06
Bw2 120-170 cm	1,44	10,03
P3 - LATOSSOLO AMARELO Distrocoeso argissólico		
A2 16-40 cm	1,55	10,80
BA 72-98 cm	1,55	11,96
Bw2 125-160 cm	1,40	10,80
P4 - LATOSSOLO AMARELO Distrocoeso argissólico		
A2 15-35 cm	1,47	10,80
AB 67-100 cm	1,45	11,19
Bw 135-180 cm	1,40	10,81

Obs.: Marcação em negrito indica horizontes e/ou camadas coesas. IK: índice de desordenamento estrutural (STOCH, 1974); HB: Índice de cristalinidade das caulinitas (HUGHES; BROWN, 1979)

Como os valores de IK, os de HB também indicaram que a caulinita apresentou índice de cristalinidade semelhantes entre os perfis e com a profundidade, mas com um leve aumento nos horizontes coesos, sugerindo um maior ordenamento estrutural da caulinita em comparado com os horizontes não coesos. Os valores variaram de 10,03 a 12,06, semelhantes aos descritos por Melo et al. (2006) ao estudar sedimentos do Grupo Barreiras e por Corrêa et al. (2008b). Melo et al. (2001), estudando as propriedades químicas e mineralógicas de 21 solos do Brasil ricos em caulinita de vários materiais de origem, encontraram média para HB de 12,6 e classificaram como baixo índice de cristalinidade. O que é compatível pelo alto valor encontrado na amostra-padrão de alta cristalinidade (60,86).

Lima Neto et al. (2010) explicam que diferenças contrastantes das amostras de solo com a de padrões é devido ao material de origem, interferência de Fe, drenagem e a substituição do Al por Fe nas posições octaédricas, causando desorganização estrutural da caulinita.

Resende (1982) descreve que a cristalinidade mais elevada das caulinitas favorece os ajustes face a face dos flocos de caulinita, o que contribui, mas não explica a coesão, ou endurecimento, de horizontes coesos quando seco. Assim como

observado em Dantas et al. (2014), as propriedades cristalográficas da caulinita estudadas não ajudaram para explicar a gênese dos horizontes coesos, pois não foi observado tendências expressivas entre os horizontes coesos e não coesos. Giarola et al. (2009) concluíram que os horizontes coesos e os não coesos estudados apresentaram grau de ordenamento estrutural parecidos, não sendo possível associar o empacotamento da fração argila com a manifestação do caráter coeso.

4.8 Micromorfologia

Os resultados da análise micromorfológica estão na Figura 17 e Tabela 9.

Todas as amostras apresentaram a fração grossa pobremente selecionada, colaborando com o fracionamento da areia, predominando o quartzo ($\geq 95\%$), esférico a subalongado, subarredondado a subangular, com as bordas lisas. Essa mineralogia sugere solos bastante intemperizados, com baixa presença de minerais alteráveis. Resultados semelhantes também foram encontrados por Corrêa et al. (2008c), Lima Neto et al. (2010) e Bezerra et al. (2014) em Latossolos e Argissolos coesos de Tabuleiros Costeiros, com material de origem semelhantes ao do presente estudo.

As amostras possuem cerca de 2% de materiais opacos, carvão e raízes, com exceção da amostra A3AB do P4 que possui aproximadamente 5%, consequência de estar em área de mata preservada e possuir os maiores teores de matéria orgânica. Na morfologia feita em campo não foi possível ver os fragmentos de carvão, sendo visível apenas na micromorfologia devido ao tamanho diminuto desses fragmentos.

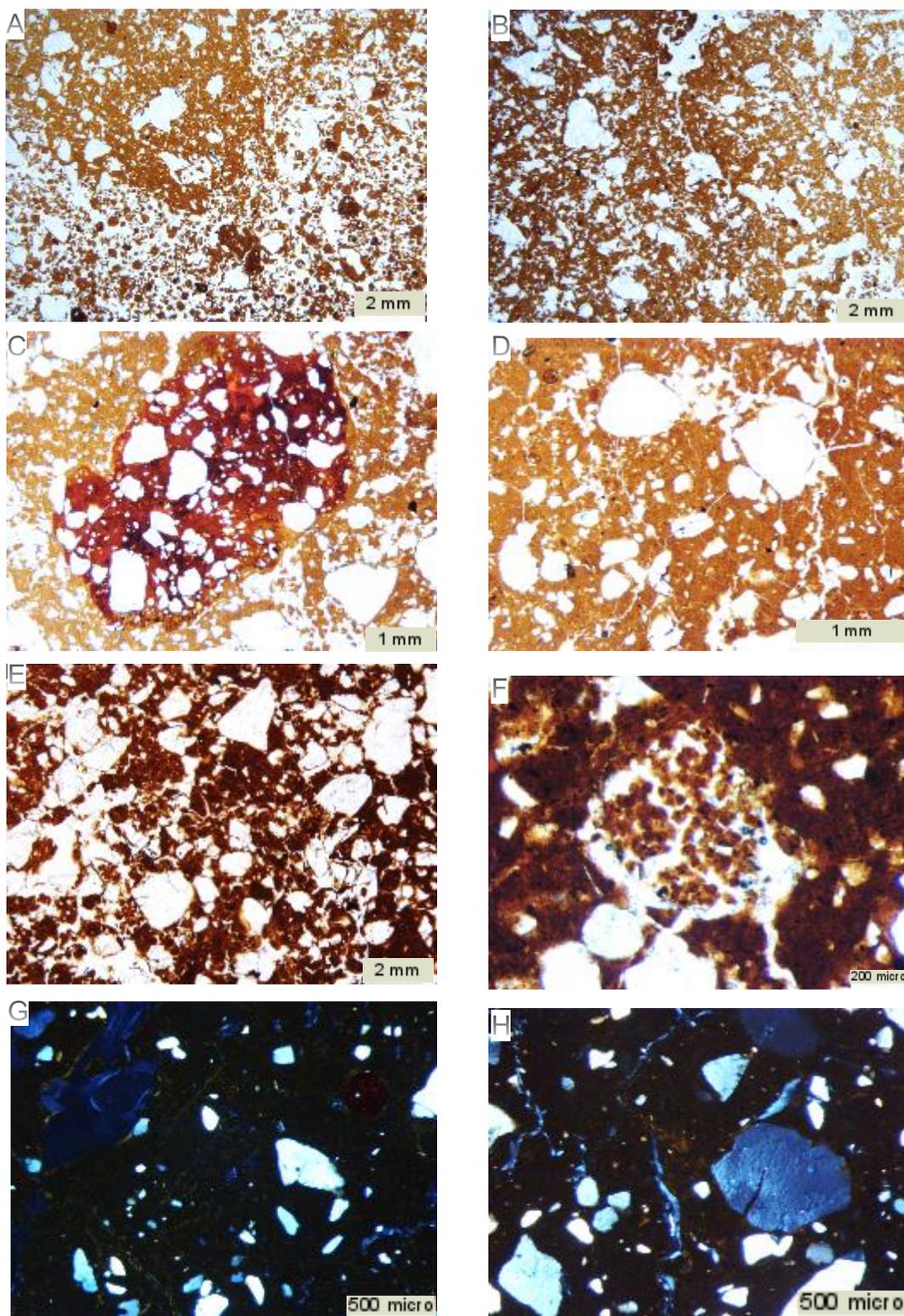


Figura 17 - Imagens das lâminas de micromorfologia. A = distribuição enáulica (Z1) e porfírica (Z2) (Bw2-P1); B = distribuição porfírica (Bw1-P3); C = nódulo de ferro (BA-P2); D = microestrutura em blocos (BA-P1); E = maciça, poros fissuras (AB/BA-P4); F = excremento em cavidade (A2AB-P1); G = fábrica birrefringente (Bw1-P2); H = fábrica birrefringente revestimento (AB/BA-P4). G e H obtidas em luz cruzada; os restantes obtidos em iluminação planar. Amostras coesas são: B, C, E e H.

Tabela 9 - Características micromorfológicas dos quarto perfis da topossequência.

Horiz.	Componentes	Mat. Grosso	Mat. Fino	Distribuição Relativa	Microestrutura	Feição Pedológica
Perfil 1 – Lotossolo Amarelo Distrófico						
A/AB	MG = 35%; MF = 52%; P = 13%; G/F _{2µm} = 0,67	P. selecionado; Qz (98%) subang. a subarred., esféricos a subalong., bordas lisas e raros (<2%) opacos, carvão e raízes.	Argilo-mineral (Ct e Gt); brunado (LT e LI); manchado. Baixa frequência de fábricas-b salpicada granida e mosaico, e granoestriada.	Porfiro- enáulica	Blocos subangulares, fraca pedalidade, formados por forte coalescência de microgranular (150 µm). Poros intraagregados: cavidades (100-300 µm), canais (40 µm) e fissuras (20 µm). Poros interagregados: canais (300 µm), cavidade (bioporo) e câmaras (< 0,5-15 mm, ambos).	Revestimento típico de argila pura, amarelo, em canais (300 µm) e cavidades (200 µm), não laminados e microlaminados, extinção nítida, raros nas partes mais densas. Preenchimento denso-completo de argila pura, amarelo, em cavidades (< 100 µm), não laminados, extinção nítida, raros nas partes mais densas. Preenchimento denso-incompleto mistura de material semelhante a matriz adjacente, em canais biológicos (4,5 mm), raros. Excremento antigos e recentes (40-80 micro), em cavidade (500 µm), muitos.
BA	MG = 30%; MF = 52%; P = 18% G/F _{2µm} = 0,58	P. selecionado; Qz (98%) subang. a subarred., esféricos a subalong., bordas lisas; e raros (2%) opacos, carvão e raízes.	Mineral (Ct e Gt); amarelo-brunado (LT e LI); límpido. Muito baixa frequência de fábricas-b salpicada e granoestriada.	Porfiro- enáulica.	Complexa: blocos subangulares, fraca pedalidade, formados por coalescência de microgranular (30-150 µm); e granular (30-400 µm). Poros intraagregados: cavidades (100-500 µm), canais (40 µm) e fissuras (10 µm). Poros interagregados: canais (??µm), cavidade (< 15 mm, bioporo) e câmaras (< 15 mm).	Preenchimentos solto-contínuo e solto-descontínuo de microagregados esféricos e grãos de Qz (areia) em cavidades biológicas (< 15 mm), ocasional (5%). Excremento antigos e recentes (40-60 µm), em cavidades (2,5 mm), raros.
Bw2	Z1 (80%): MG = 20%; MF = 50%; P = 30%; G/F _{2µm} = 0,40 Z2 (20%): MG = 35%; MF = 60%; P = 5%; G/F _{2µm} = 0,58	Z1 e Z2: P. selecionado; Qz (99%) subang. a subarred., esféricos a subalong., bordas lisas; e raros (1%) opacos e raízes.	Z1 e Z2: mineral, amarelo (LT e LI), límpido. Z1: salpica granida e mosaico, e frequente estriada convexas nas bordas dos microagregados granulares. Z2: frequente salpicada mosaico e granoestriada.	Z1: enáulica; Z2: porfírica.	Z1: granular (90-2.500 µm), forte pedalidade. Poros de empacotamento complexo. Z2: blocos subangulares com fraca pedalidade, formados por coalescência de microgranular, 30- 150 µm). Poros intraagregados: cavidades (100-500 µm), canais (40 µm) e fissuras (10 µm). Poros interagregados: canais (??µm), cavidade (<15 mm bioporo) e câmaras (< 15 mm).	Z1: preenchimentos soltos-contínuo de microagregados esféricos e grãos de Qz (areia) em cavidades biológicas (15 mm), ocasional (5%). Z2: revestimentos típicos de argila amarela, não laminados, em canais e cavidades, extinção nítida, raros. Preenchimentos denso-completo de argila amarela, em pequenas cavidades, extinção nítida, raros.

Obs.: P. = pobremente; subang. = subangulares; subarred. = subarredondado; subalong. = subalongados; microagr. = microagregados; empac. = empacotamento; LT = luz transmitida; LI = luz incidente; mod. = moderada; Nód. Fe = nódulo de ferro; Z1 e Z2 = zona 1 e zona 2; Ct = caulinita; Gt = goethita; Qz = quartzo.

(Continua na próxima página)

... Continuação

Horiz.	Componentes	Mat. Grosso	Mat. Fino	Distribuição Relativa	Microestrutura	Feição Pedológica
Perfil 2 – Lotossolo Amarelo Distroceoso						
AB	MG = 30%; MF = 60%; P = 10%; G/F _{2µm} = 0,5	P. selecionado; Qz (98%) subang. a subarred., esféricos a subalong., bordas lisas e raros (<2%) opacos, carvão e raízes.	Mineral (Ct e Gt); amarelo (LT e LI); límpido. Baixa frequência de fábricas-b salpicada granida e mosaico.	Porfírica.	Blocos subangulares, fraca pedalidade. Poros intraagr. peq. cavidades policoncavas (50-250 µm) e fissuras; poros interagr. peq. canais (50-300 µm), cavidades e câmaras (2 mm, ambos).	Preench. solto-contínuo de microagr. esféricos e grãos de Qz (biotubulo), em cavidade (< 3,7 mm), raros. Preench. denso-completo de argila e silte, amarelo, em peq. cavidades (< 200 µm), extinção difusa, ocasional. Preench. denso-completo e denso-incompleto de argila pura, em peq. cavidades (60 µm), câmaras (800 µm) e canais (100 µm), extinção nítida, ocasional. Revest. típico e crescente de argila pura, em peq. canais (90 µm), em câmaras e cavidades (60-350 µm), extinção nítida, ocasional. Excremento (50-60 µm), em cavidade (2,5 mm), raros.
BA	MG = 25%; MF = 65%; P = 10% G/F _{2µm} = 0,40	P. selecionado; Qz (98%) subang. a subarred., esféricos a subalong., bordas lisas e raros (<2%) opacos, carvão e nód. Fe; raízes ausentes.	Mineral (Ct e Gt); amarelo (LT e LI); límpido. Frequentes fábricas-b salpicada granida e mosaico, poroestriada, reticulada e granoestriada.	Porfírica.	Blocos subangulares, fraca pedalidade. Poros intraagr. peq. cavidades policoncavas (50-250 µm) e fissuras. Poros interagr. peq. canais (50-300 µm), cavidades e câmaras (2 mm, ambos).	Preench. solto-contínuo de microagr. esféricos e grãos de Qz (biotubulo), em cavidades (3,6 mm), raros. Preench. denso-completo de areia, silte e argila, com presença de carvão, em canais (3,7 mm, biotubulo), raros. Revest. típico e concêntrico de argila pura, em peq. fissuras e peq. cavidades (50 µm, ambos), extinção nítida, raros. Excrementos (50-100 µm), em cavidades (2 mm), raros. Nód. Fe típico (< 5 mm), vermelho (LT) e vermelho e amarelo (LI), mod. opacidade, com Qz, raros.
Bw1	Z1 (30%): MG = 15%; MF = 80%; P = 5%; G/F _{2µm} = 0,19 Z2 (70%): MG = 20%; MF = 60%; P = 20%; G/F _{2µm} = 0,33	Z1 e Z2: P. selecionado; Qz (98%) subang. a subarred., esféricos a subalong., bordas lisas e raros (<2%) opacos, carvão e, nas zonas mais densas (Z1), nód. Fe.	Z1 e Z2: mineral, amarelo (LT e LI), límpido. Z1: frequentes salpicada mosaico, granoestriada, paralelo estriada e poroestriada. Z2: baixa frequência salpicada granida, estriada concêntrica nas bordas dos agregados (< 400 µm).	Z1: pórfirica; Z2: enáulica.	Z1: maciça, com cavidades (100-500 µm) e fissuras (30 µm). Z2: complexa: blocos subangulares com fraca pedalidade e microgranular (30-600 µm), mod. pedalidade. Poros interagr. empac. complexo, câmaras (1,3 mm), canais (0,3-1,2 mm) e cavidades (40 µm). Poros intraagr. cavidades (40 µm) e fissuras (40 µm).	Z1: preench. denso-completo e denso-incompleto de argila pura, em peq. fissuras (30 µm), peq. canais (50 µm), cavidades e câmaras (60-80 µm, ambos), extinção nítida, frequentes. Preench. solto-contínuo de agregados granulares (40-300 µm), em canais (biotúbulo), raros. Revest. típicos e concêntricos de argila pura, em cavidades e câmaras (200-400 µm), extinção nítida, frequentes. Nód. Fe típico (280 µm), vermelhos (LT e LI), fortemente impregnados, com Qz, raros. Z2: Excrementos (40-60 µm), cavidades (7 mm), muitos.

Obs.: P. = pobremente; subang. = subangulares; subarred. = subarredondado; subalong. = subalongados; microagr. = microagregados; empac. = empacotamento; LT = luz transmitida; LI = luz incidente; mod. = moderada; Nód. Fe = nódulo de ferro; Z1 e Z2 = zona 1 e zona 2; Ct = caulinita; Gt = goethita; Qz = quartzo.

(Continua na próxima página)

... Continuação

Horiz.	Componentes	Mat. Grosso	Mat. Fino	Distribuição Relativa	Microestrutura	Feição Pedológica
Perfil 3 – Lotossolo Amarelo Distroceoso (capoeira)						
AB/BA	MG = 30%; MF = 55%; P = 15%; G/F _{2µm} = 0,54	P. selecionado. Qz (99%) subang. a subarred., esféricos a subalong., bordas lisas; e muito baixa frequência (1%) de carvão, opacos e fragmentos de raízes (0,5 mm).	Mineral, amarelo (LT e LI) e límpido. Fábricas-b: baixa frequência de salpica granida e granoestriada, Presença de salpicada mosaico na base da lâmina (mais denso).	Porfírica.	Blocos subangulares fraca pedalidade; formados por coalescência microagreg. granulares, base da lamina com partes maciça. Poros intraagregados: peq. cavidades policoncavas (100-150 µm), e fissuras (10 µm). Poros interagregados: canais (300 - 700 µm), cavidade (1 mm, bioporo) e câmaras (< 400 µm).	Excrementos recentes e antigos (25-60 µm), cavidades (bioporo, 0,8-2 mm) e canais (1,2 mm), comuns. Preenchimentos denso-completo de argila amarela, em peq. cavidades e fissuras (20-30 micro) intraagregados, não laminados, extinção nítida, raros (5%) na zonas densas. Preenchimento solto-contínuo de microagregados esféricos (30-350 µm) e grãos de Qz (areia) em cavidades esféricas biológicas (5 mm), ocasional.
Bw1	MG = 30%; MF = 50%; P = 20%; G/F _{2µm} = 0,60	P. selecionado. Qz (99%) subang. a subarred., esféricos a subalong., bordas lisas; e muito baixa frequência (1%) de opacos e fragmentos de raízes (0,5 mm).	Mineral, amarelo (LT e LI) e límpido. Fábricas-b: baixa frequência de salpica grânida, granoestriada e mosaico. Fábricas-b estriada concentricas nas paredes dos microagregados granulares.	Porfíro-enáulica	Blocos subangulares, fraca pedalidade, formados por fraca coalescência de microagregados granulares. Poros intraagregados: pequenas cavidades policoncavas (100-200 µm), e fissuras (10 µm). Poros interagregados: canais (100 - 700 µm), cavidades (700 µm, bioporo) e câmaras (até 2 mm).	Preenchimentos solto-contínuo de microagregados esféricos (50-350 micro) e grãos de Qz (areia) em cavidades elípticas biológicas (1 mm), ocasional (5%). Preenchimentos denso-completo de mistura, brunado, não laminados, em cavidades e canais (bioporos, 2 mm), raros.

Obs.: P. = pobremente; subang. = subangulares; subarred. = subarredondado; subalong. = subalongados; microagr. = microagregados; empac. = empacotamento; LT = luz transmitida; LI = luz incidente; mod. = moderada; Nód. Fe = nódulo de ferro; Z1 e Z2 = zona 1 e zona 2; Ct = caulinita; Gt = goethita; Qz = quartzo.

(Continua na próxima página)

... Continuação

Horiz.	Componentes	Mat. Grosso	Mat. Fino	Distribuição Relativa	Microestrutura	Feição Pedológica
Perfil 4 – Lotossolo Amarelo Distroceoso (Mata)						
A3/AB	MG = 28%; MF = 55%; P = 17%; G/F _{2μm} = 0,51	P. selecionado. Qz (95%) subang. a subarred., esféricos a subalong., bordas lisas e baixa frequência (5%) de carvão, opacos e fragmentos de raízes (0,5 mm).	Organo-mineral, bruno-amarelado-escuro (LT) e amarelo-brunado (LI), manchado (pontuações de carvão). Baixa frequência fábricas-b salpicada granada.	Enáulica-porfírica.	Complexa: microgranular (30-300 μm) (50%), mod. pedalidade, poros interagr. empacotamento complexo e cavidades, poros intraagr. fissuras (20 μm); e blocos subangulares (50%), fraca pedalidade, poros interagr. fissuras (20 μm), canais (0,08 a 2 mm) e câmaras (400 μm).	Excrementos recentes e antigos (40-60 μm), cavidades (bioporo, 0,8-2 mm) e canais (1,2 mm), comuns. Preench. denso-completo e revestimentos típicos e concêntricos, de argila pura, amarelo, em pequenas fissuras (20 μm) e pequenos canais (80 μm) e cavidades e camaras (400 μm), extinção nítida, raros na parte mais densa (base da lamina)
AB/BA	MG = 28%; MF = 65%; P = 7%; G/F _{2μm} = 0,43	P. selecionado. Qz (98%) subang. A subarred., esféricos a subalong., bordas lisas e baixa frequência (2%) de carvão, opacos e fragmentos de raízes (0,5 mm).	mineral; bruno-amarelado (LT) e amarelo-brunado (LI), manchado (pontuações de carvão). Frequentes fábricas-b salpicada mosaico e granoestriada, paralelo-estriada, poroestriada, reticulada.	Porfírica.	Complexa: maciça (80%), poros fissuras, pequenas cavidades (50-500 μm), câmaras, fissuras (10 μm) e canais (25 μm); e blocos subangulares (20%), fraca pedalidade, poros interagr. fissuras, cavidades, câmaras e canais; poros intraagr. peq. fissuras (10 μm) e canais (? μm).	Excrementos recentes (40-60 μm), em cavidades elípticas (bioporo), raros (<1%). Preench. denso-completo de argila pura, amarelo, em fissuras e canais (35-45 μm) e cavidade (700 μm), extinção difusa, frequentes. Revestimento de argila pura típico e crescentes, em câmaras e cavidades (150-300 μm), extinção nítida, ocasional (2%).
Bw	MG = 28%; MF = 55%; P = 17%; G/F _{2μm} = 0,51	P. selecionado. Qz (98%) subang. A subarred., esféricos a subalong., bordas lisas e baixa frequência (2%) de carvão, opacos e fragmentos de raízes (0,5 mm).	Mineral, amarelo (LT e LI), límpido. Frequentes fábricas-b salpicada mosaico, granoestriada (em grãos maiores), poroestriada. Pequenas estrias concêntricas na borda dos agregados pequenos.	Porfíro-enaulica.	Blocos subangulares, fraca pedalidade formado pela coalescência de agregados microgranulares. Poros interagr. canais (250 μm), câmaras e cavidades (1 mm); intraagr. cavidade (20-100 μm) e fissuras e canais (50 μm).	Excrementos antigos e recentes (35-60 μm), em cavidade (bioporo), raros.

Obs.: P = pobremente; subang. = subangulares; subarred. = subarredondado; subalong. = subalongados; microagr. = microagregados; empac. = empacotamento; LT = luz transmitida; LI = luz incidente; mod. = moderada; Nód. Fe = nódulo de ferro; Z1 e Z2 = zona 1 e zona 2; Ct = caulinita; Gt = goethita; Qz = quartzo.

Colaborando com a granulometria (Tabela 3), nas lâminas estudadas predominaram os materiais finos, refletindo o alto grau de intemperismo. Não foi possível ver uma tendência nos dados da porosidade total, mas a micromorfologia foi sensível para mostrar que os horizontes coesos são os menos porosos, como resultado do adensamento que formou a estrutura maciça. Os tipos de poros observados tanto interagregados como intragregados são do tipo câmara, cavidades, canais e fissuras.

Assim como observado nos difratogramas de raios-X (Figura 16), o material fino é mineral, composto de caulinita e goethita, reflexo do ambiente frio e úmido, do pH baixo, da boa drenagem na qual lixivia as bases, do material de origem sedimentar argilo-arenoso pobre em ferro, além da presença da matéria orgânica que favorecem a formação e/ou a persistência desses minerais (SCHWERTMANN; TAYLOR, 1977; MELO; WYPYCH, 2009).

Concordando a macromorfologia, as cores do material fino são amareladas, devido ao efeito pigmentante da goethita (SCHWERTMANN; TAYLOR, 1989) e amarelo-brunadas a depender da quantidade de matéria orgânica. Quanto menor o teor de carbono mais amarelo é o plasma, assim, todos os horizontes Bw são amarelos.

O horizonte A3AB do P4 é o único da topossequência em que o material fino é organomineral, de cor bruno-amarelo-escuro e bruno-amarelado. Essas cores brunadas são devido a manchas com pontuações de carvão provenientes de queimadas passadas e as altas quantidades de matéria orgânica encontradas neste perfil no qual está coberto pela vegetação de mata preservada.

A distribuição dos grãos em relação ao material fino é predominantemente porfírica, seguida de enáulica. Todos os horizontes coesos apresentaram apenas a distribuição porfírica. Esses resultados também foram encontrados por Giarola et al. (2001) e Moreau et al. (2006) em horizontes coesos de Argissolos e Latossolos amarelos em ambientes de Tabuleiros Costeiros.

Os horizontes não coesos apresentam baixa a frequentes fábricas birrefringentes salpicada granida, mosaico e granoestriada, como observado no horizonte BA do P1. As fábricas ocorrem mais frequentemente nos horizontes coesos. Os horizontes AB/BA do P4 ainda apresentam fábricas birrefringentes paralelo-

estriada, poroestriada, reticulada e estrias concêntricas na borda dos agregados pequenos.

O aumento da quantidade e tipos de fábricas birrefringentes nos horizontes coesos (BA e AB/BA) indicam a reorganização do material fino devido aos ciclos de expansão e contração causada pela variação da umidade, o que pode resultar no reajuste face a face da caulinita e/ou promovendo colapso estrutural no qual aumenta o teor de argila dispersa, entupindo poros e, conseqüentemente, aumentando a coesão (RESENDE, 1982; UFV, 1984; GUNAL; RANSON, 2006; CORRÊA, 2008c).

Os horizontes apresentam microestrutura em blocos subangulares de fraca pedalidade, formados pela coalescência de microgranular. O horizonte AB/BA do P4 a microestrutura é complexa, pois além de apresentar blocos subangulares de fraca pedalidade, possuem 80% de maciça. A base da lâmina do horizonte AB/BA do P3 apresenta partes maciças. A fraca pedalidade e microestrutura maciça estão de acordo com a macromorfologia observada em campo (LIMA NETO et al, 2010).

Apesar de não ter sido observado nenhum revestimento nas unidades estruturais em campo, a micromorfologia mostrou em todos os perfis pedofeições de revestimentos típico e crescente de argila pura nos canais, câmaras e cavidades, e também preenchimento de poros com argila iluvial, microagregados esféricos e grãos de quartzo, o que sugere o processo de argiluviação (SILVA et al., 1998).

Assim como visto em campo no P2, nas lâminas BA e Bw1 foram observados nódulos de ferro típico de cor vermelho e vermelho e amarelo, provavelmente originado devido à baixa condutividade hidráulica dos horizontes coesos, que propiciam o efeito de ciclos repetidos de umedecimento seguido de ressecamento (EMBRAPA, 2013).

Foi encontrado excrementos antigos e recentes em cavidades (bioporos) e canais, até em horizontes mais profundos (Bw dos perfis 2 e 4), evidenciando a atividade biológica presente nesses solos.

4.9 Extrações químicas e atributos físico-hídricos do solo

O cloreto de cálcio (CaCl_2), o oxalato ácido de amônio (OAA) e a água como extratores possuem funções e poder de extração diferentes, e isso se refletiu também em diferença significativa na extração dos elementos Fe, Si e Al nos seus extratos, com os maiores teores para o OAA, seguidos do CaCl_2 e por último a água.

A solução de OAA foi efetiva na extração de Si (Si_o), Fe (Fe_o) e Al (Al_o), com valores próximos ao obtido na TFSA (Tabela 6). Para o $CaCl_2$ não foi encontrado Si, possivelmente porque os solos são bastante intemperizados e bem drenados, favorecendo a lixiviação do Si, deixando, assim, muito baixa concentração na solução do solo, não sendo possível ser detectado devido ao volume gasto de OAA no procedimento de lixiviação (Tabela 10). Acrescenta-se o efeito promovido pelos baixos valores de pH das amostras (4,2 a 4,8; Tabela 5), onde os monômeros de silício formam polímeros que se precipitam em sílica amorfa que não é extraída pelo $CaCl_2$, mas pode ser removida pelo OAA (ILER 1979; RONCHI et al. 2013).

Por meio do experimento, foi observado que os teores de Fe_o decrescem com a profundidade. Nesse sentido, vários autores (SCHEWERTMANN; TAYLOR, 1989; MIGUEL et al., 2013) descrevem a ação da matéria orgânica reduzindo a cristalização dos óxidos de ferro e alumínio.

A quantidade de Si_o foi maior nos horizontes BA e Bw em comparação ao A3. Resultado também foi encontrado por Vieira (2013) em amostras de TFSA, explicando que a sílica é transportada dos horizontes superiores e acumulada nos coesos devido à baixa permeabilidade causada pelos maiores teores de argila e areia fina. O autor descreve que a sílica precipita e polimeriza, podendo formar pontes entre as partículas do solo e aumentar a coesão. Contudo, não houve diferença significativa entre o BA e Bw, sugerindo que esse elemento não promove a coesão dos solos estudados. Além disso, seu teor é baixo e não parece ter um efeito determinante na coesão (MOREAU, 2001; VIEIRA, 2013).

Tabela 10 - Teores de Fe, Si e Al extraídos de amostras indeformadas do perfil 4 após a lixiviação de soluções químicas e comparação entre extratores

Horizontes	Extratores	Fe	Si	Al
		mg L ⁻¹		
A3	OAA	731,07 a	147,90 a	1672,12 a
	CaCl ₂	18,2 b	0,00 b	64,06 b
	H ₂ O	0,90 c	-	-
BA (coeso)	OAA	448,91 a	216,06 a	2244,61 a
	CaCl ₂	21,86 b	0,00 b	50,73 b
	H ₂ O	0,85 c	-	-
Bw	OAA	168,78 a	203,65 a	1699,84 a
	CaCl ₂	23,54 b	0,00 b	28,10 b
	H ₂ O	0,77 c	-	-
Extratores	Horizontes			
OAA	A3	731,07 a	147,90 b	1672,12 b
	BA (coeso)	448,91 b	216,06 a	2244,61 a
	Bw	168,78 c	203,65 a	1699,84 b
CaCl ₂	A3	18,22 b	-	64,06 a
	BA (coeso)	21,86 ab	-	50,73 b
	Bw	23,54 a	-	28,10 c
H ₂ O	A3	0,90 a	-	-
	BA (coeso)	0,85 a	-	-
	Bw	0,77 a	-	-

Obs.: As comparações são apenas dentro das colunas, para cada extrator ou horizonte. Médias seguidas pelas mesmas letras não diferem estatisticamente (alfa = 5%). dag kg⁻¹ ou % = (mg . L⁻¹) / 10000.

De modo geral, os teores de Al_o extraídos por OAA foram superiores ao de Si_o e ao Fe_o, colaborando com os resultados encontrados por Ramos (2013), em experimento semelhante. Ribeiro (1998) explica que o Al tem menor mobilidade no solo em comparação com o Fe e o Si, promovendo menos perdas no perfil.

Nos horizontes coesos, o Al foi o elemento mais extraído com OAA. Moreau (2001) e Vieira (2013) consideram que o Al conjuntamente com o Si, ambos de baixa cristalinidade, contribuem conjuntamente com a gênese dos horizontes coesos. Contudo, os autores não deixam claro de que modo as formas amorfas desse elemento promovem a coesão. Outras fontes também poderiam justificar esse maior valor, como as trocáveis e o Al presente nos óxidos de Fe.

Em relação às propriedades físico-hídricas, a capacidade de campo (CC) foi maior nas amostras que sofreram lixiviação com OAA, enquanto nos outros extratores

não houveram diferenças significativas (Tabela 11). Para o ponto de murcha permanente (PMP), não houveram expressivas diferenças entre os extratores. A água disponível (AD) apresentou significativamente os maiores valores nas amostras que sofreram lixiviação com OAA, seguindo a mesma tendência da CC. O experimento foi conduzido com fluxo ascendente e lento, contudo podem ter ocorridos pequenas alterações estruturais nas amostras, modificando a porosidade, e, conseqüentemente, o armazenamento de água. Acredita-se que essa alteração seja devido ao Fe, Si e Al extraído, e a algum efeito de dispersão dos extratores.

As diferenças significativas da AD, PM e CC entre os extratores estão relacionadas com a mudança na proporção entre macro, meso e microporos, uma vez que não houveram diferenças significativas na densidade e na porosidade total do solo quando se comparou os extratores entre os horizontes e entre os extratores para o mesmo horizonte (Tabela 11).

O horizonte A3 apresentou os menores valores de CC e PMP, enquanto os demais horizontes não houveram diferenças significativas. Apesar da exceção de A3, a água disponível foi semelhante entre os horizontes. Tal fato deve-se provavelmente a sua textura mais arenosa e por isso com menor capacidade de armazenamento de água.

A resistência a penetração após a lixiviação aumentou à medida que elevou a tensão de sucção de água, de 10 para 1500 kPa. Na condição mais seca há redução do efeito lubrificante da água, aproximando as partículas do solo uma das outras e deixando o solo mais duro (Tabela 12).

Tabela 11 - Propriedades físicas e hídricas em amostras indeformadas do perfil 4 após lixiviação de soluções químicas e comparação entre horizontes

Horizontes	Extratores	Ds	PT	AD	PMP	CC
		g dm ⁻³		cm cm ⁻³		
A3	OAA	1,292 a	0,441 a	0,077 a	0,163 ab	0,240 a
	CaCl ₂	1,236 b	0,437 a	0,039 ab	0,151 b	0,190 b
	H ₂ O	1,272 ab	0,465 a	0,015 b	0,172 a	0,187 b
BA (coeso)	OAA	1,239 a	0,460 a	0,084 a	0,187 a	0,271 a
	CaCl ₂	1,198 a	0,454 a	0,022 b	0,198 a	0,220 b
	H ₂ O	1,258 a	0,456 a	0,032 b	0,189 a	0,222 b
Bw	OAA	1,270 a	0,470 a	0,088 a	0,202 a	0,290 a
	CaCl ₂	1,208 ab	0,460 a	0,020 b	0,202 a	0,222 b
	H ₂ O	1,165 b	0,460 a	0,023 b	0,191 a	0,214 b
Extratores	Horizontes					
OAA	A3	1,292 a	0,441 a	0,077 a	0,163 b	0,240 b
	BA (coeso)	1,239 a	0,460 a	0,084 a	0,187 a	0,271 ab
	Bw	1,270 a	0,470 a	0,088 a	0,202 a	0,290 a
CaCl ₂	A3	1,236 a	0,437 a	0,039 a	0,151 b	0,190 b
	BA (coeso)	1,198 a	0,454 a	0,022 a	0,198 a	0,220 a
	Bw	1,208 a	0,460 a	0,020 a	0,202 a	0,222 a
H ₂ O	A3	1,272 a	0,465 a	0,015 b	0,172 a	0,187 b
	BA (coeso)	1,258 a	0,456 a	0,032 a	0,189 a	0,222 a
	Bw	1,165 b	0,460 a	0,023 ab	0,191 a	0,214 a

Obs.: As comparações são apenas dentro das colunas, para cada extrator ou horizonte. Médias seguidas pelas mesmas letras não diferem estatisticamente (alfa = 5%). Ds = densidade do solo, PT = porosidade total, AD = água disponível, PMP = ponto de murcha permanente, CC = capacidade de campo.

Tabela 12 - Comparação da resistência a penetração (Mpa) entre horizontes de amostras indeformadas **do perfil 4** submetidas a 5 tensões após a lixiviação por H₂O, CaCl₂ e OAA

H ₂ O					
Horizonte	10 kPa	33 kPa	100 kPa	500 kPa	1500 kPa
Mpa					
A3	0,57 (±0,73) a	1,25 (±0,42) b	2,72 (±0,31) a	3,83 (±1,34) a	5,56 (±2,68) a
BA (coeso)	1,34 (±0,25) a	1,88 (±0,70) a	3,45 (±0,11) a	5,04 (±0,79) a	5,90 (±2,36) a
Bw	0,26 (±0,15) a	0,99 (±0,42) c	1,71 (±0,64) b	5,60 (±2,53) a	4,80 (±2,19) a
CaCl ₂					
Horizonte	10 kPa	33 kPa	100 kPa	500 kPa	1500 kPa
Mpa					
A3	0,57 (±0,46) a	1,43 (±0,70) a	1,33 (±0,82) a	2,05 (±0,65) a	7,24 (±1,00) b
BA (coeso)	0,24 (±0,21) a	1,33 (±0,62) b	2,19 (±0,36) a	5,78 (±2,91) a	11,42 (±1,75) a
Bw	0,72 (±0,50) a	1,04 (±0,28) c	1,69 (±0,41) a	5,42 (±2,44) a	5,71 (±1,69) b
OAA					
Horizonte	10 kPa	33 kPa	100 kPa	500 kPa	1500 kPa
Mpa					
A3	0 (±0,00) a	0 (±0,00) a	0,14 (±0,20) b	1,58 (±0,93) a	4,47 (±0,41) a
BA (coeso)	0 (±0,00) a	0 (±0,00) a	0,28 (±0,21) b	4,8 (±2,17) a	6,56 (±2,29) a
Bw	0 (±0,00) a	0 (±0,00) a	0,53 (±0,16) a	2,66 (±0,77) a	4,43 (±1,86) a

Obs.: Valores entre parênteses refere-se ao desvio padrão. As comparações são apenas dentro das colunas, para cada horizonte. Médias seguidas pelas mesmas letras não diferem estatisticamente (alfa = 5%)

O horizonte A3 em todas as tensões estava mais seco do que os outros horizontes, devido a sua textura franco-argiloarenosa que permite menor capacidade de armazenamento de água em relação a textura argilosa dos BA e Bw (Figura 18). Por isso a sua resistência a penetração após a lixiviação com água foi semelhante ao coeso BA.

Nas amostras que foram submetidas a tensão de 1500 KPa, apenas as que foram lixiviadas com CaCl₂ apresentaram diferenças significativas, sendo o horizonte coeso com o maior valor. Na CC, em 33 KPa, também o horizonte coeso apresentou o maior valor. Apesar de não houveram diferenças significativas, os horizontes coesos se mostraram ligeiramente mais duros em todos os extratores.

Confrontando a resistência a penetração entre extratores (Tabela 13) observa-se que os extratores a 500 KPa não houveram diferenças significativas. O OAA apresentou os menores valores de resistência a penetração nas tensões de 10, 33 e 100 KPa.

Tabela 13 - Comparação da resistência a penetração (Mpa) entre extratores de amostras indeformadas do perfil 4 submetidas a 5 tensões após a lixiviação por H₂O, CaCl₂ e OAA.

Tensões		Horizontes		
		A3	BA (coesos)	Bw
		Resistência a penetração Mpa		
10 KPa	H ₂ O	0,57 (±0,73) a	1,34 (±0,25) a	0,26 (±0,15) a
	CaCl ₂	0,57 (±0,46) a	0,24 (±0,21) b	0,72 (±0,50) a
	OAA	0 (±0,00) b	0 (±0,00) c	0 (±0,00) b
33 KPa	H ₂ O	1,25 (±0,42) b	1,88 (±0,70) a	0,99 (±0,42) b
	CaCl ₂	1,43 (±0,70) a	1,33 (±0,62) b	1,04 (±0,42) a
	OAA	0 (±0,00) c	0 (±0,00) c	0 (±0,00) c
100 KPa	H ₂ O	2,72 (±0,31) a	3,45 (±0,11) a	1,71 (±0,64) a
	CaCl ₂	1,33 (±0,82) a	2,19 (±0,36) b	1,69 (±0,41) a
	OAA	0,14 (±0,20) b	0,28 (±0,21) c	0,53 (±0,16) b
500 KPa	H ₂ O	3,83 (±1,34) a	5,04 (±0,79) a	5,60 (±2,53) a
	CaCl ₂	2,05 (±0,65) a	5,78 (±2,91) a	5,42 (±2,44) a
	OAA	1,58 (±0,93) a	4,8 (±2,17) a	2,66 (±0,77) a
1500 KPa	H ₂ O	5,56 (±2,68) a	5,90 (±2,36) b	3,64 (±2,19) a
	CaCl ₂	7,24 (±1,00) a	11,42 (±1,75) a	5,71 (±1,69) a
	OAA	4,47 (±0,41) a	6,56 (±2,29) ab	4,43 (±1,86) a

Obs.: Valores entre parênteses refere-se ao desvio padrão. As comparações são apenas dentro das colunas, para cada tensão. Médias seguidas pelas mesmas letras não diferem estatisticamente (alfa = 5%)

Comparando as curvas de retenção de água do solo das amostras após a lixiviação dos diferentes horizontes e mesmo extrator (Figura 18) percebe-se que os horizontes BA e Bw apresentaram comportamento semelhante, não sendo assim possível separar os horizontes coesos BA dos não coesos Bw. Os horizontes A3 foram diferentes dos outros horizontes devido a características da textura mais arenosa.

Confrontando as curvas de retenção de água do solo das amostras indeformadas dos mesmos horizontes, porém lixiviados por extratores diferentes, e com a curva na qual não foi lixiviada para observar o efeito do tratamento na amostra, percebe-se que não há diferenças significativas pelo intervalo de significância, pois há sobreposição das barras dos parâmetros de ajuste das curvas (Figura 19), então o efeito da lixiviação não teve significância quanto propriedades físico-hídricas das amostras.

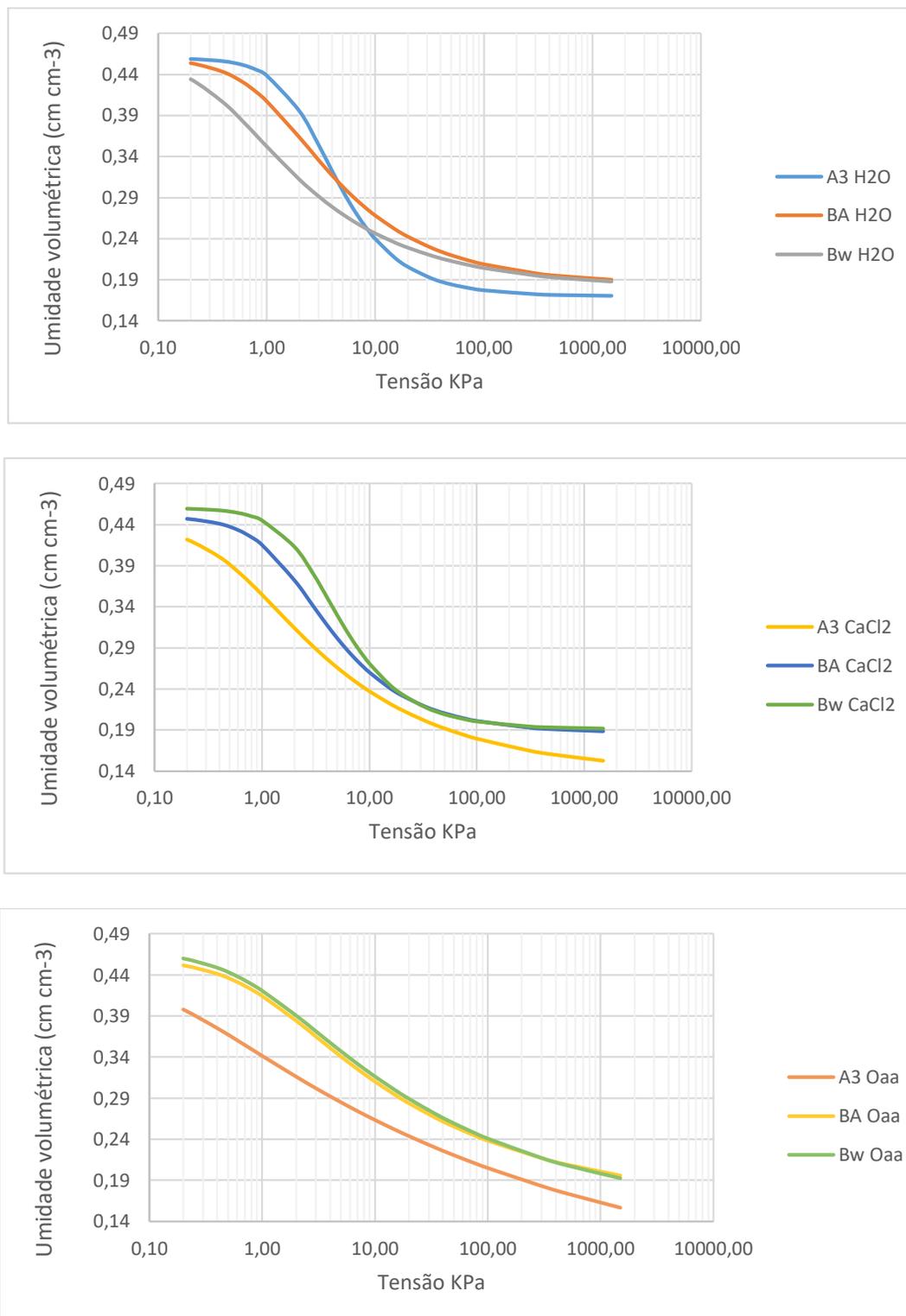


Figura 18 - Curvas de retenção de água do solo das amostras indeformadas após serem lixiviadas, comparando os horizontes A3, BA e Bw do perfil 4 em cada extrator

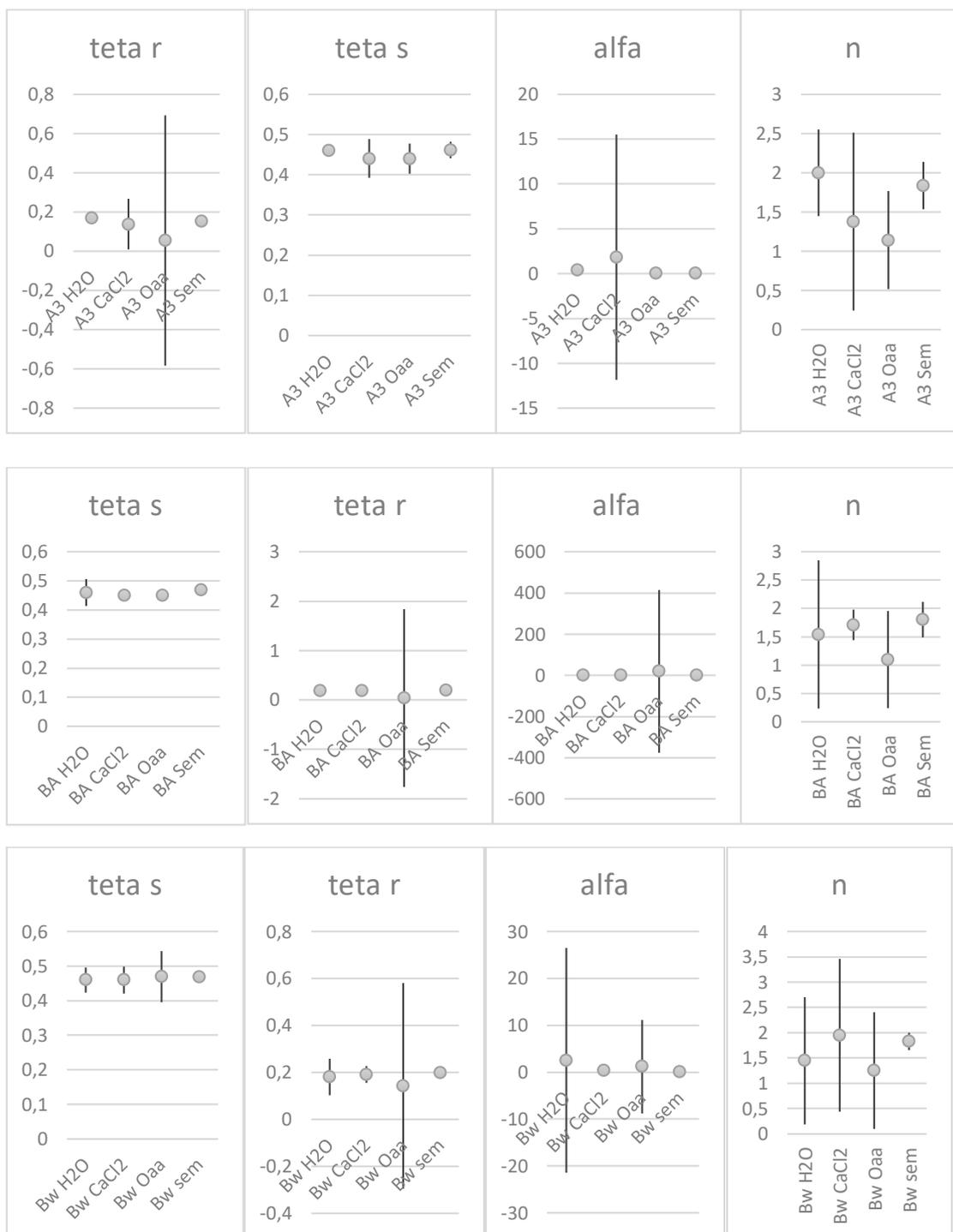


Figura 19 - Intervalo de confiança (95 %) dos parâmetros de ajuste da curva de retenção de água do solo da equação de Van Genuchten ($m=1-1/n$) para as amostras indeformadas **do perfil 4** após serem lixiviadas, e sem serem lixiviadas (A3 sem, BA sem e Bw sem)

Porém, ao observar as curvas de mesmo horizonte, mas com diferentes extratores (Figura 20) percebe-se a tendência em todos os horizontes de que os tratamentos causaram o efeito de reduzir a porosidade e o armazenamento de água

em comparação com a curva na qual não foi lixiviada. O processo de lixiviação realizado no experimento, mesmo utilizando água como extrator, desestabilizou a estrutura das amostras e causou dispersão das partículas, nas quais diminuíram a porosidade do solo, a pressão de entrada de ar e mudou a capacidade de campo, a proporção entre macro, meso e microporos.

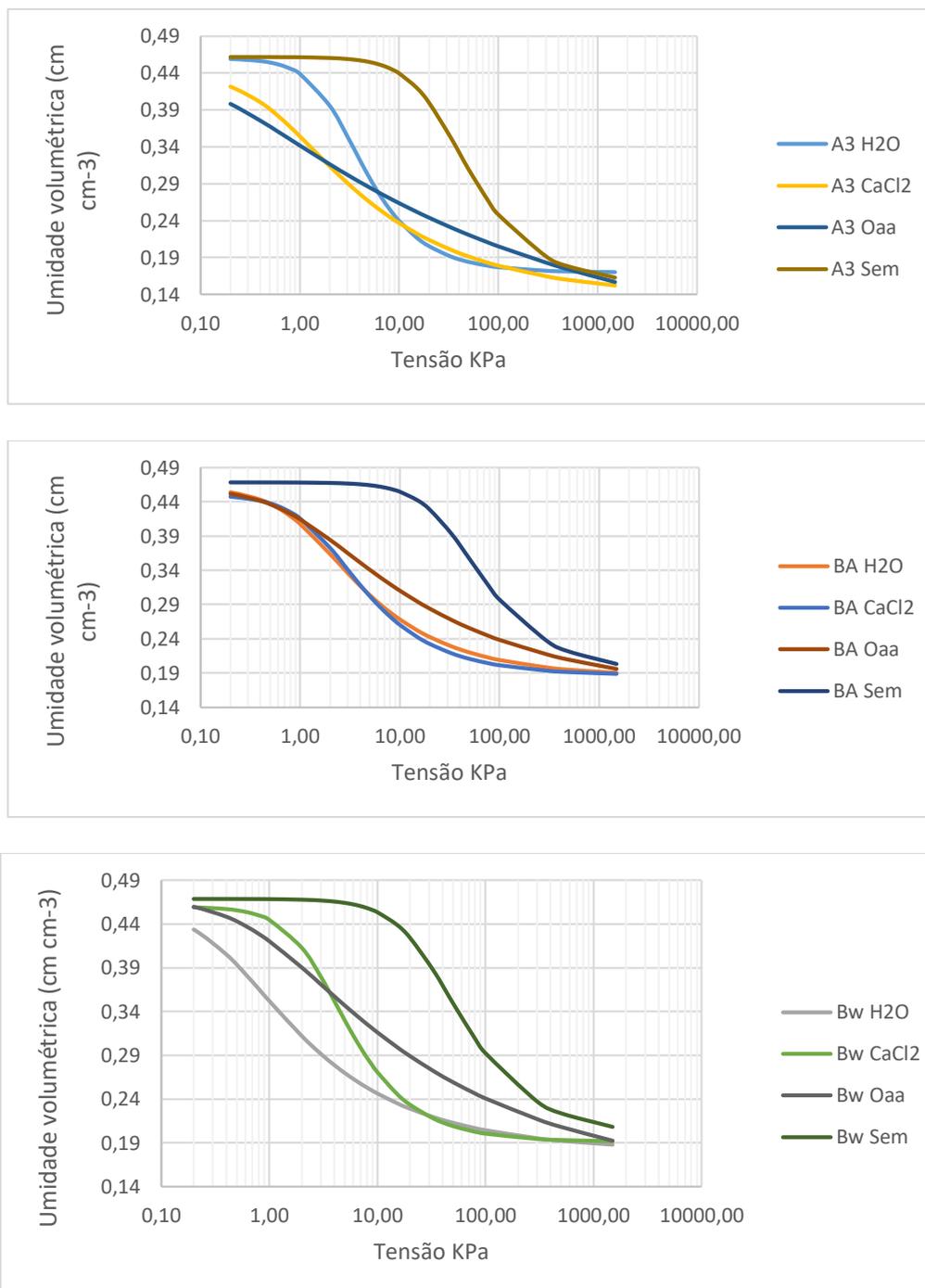


Figura 20 - Curvas de retenção de água do solo das amostras indeformadas do perfil 4 após serem lixiviadas, e sem ser lixiviada (x Sem), comparando os extratores

5 CONCLUSÕES

Os solos são homogêneos nas propriedades físicas, químicas e mineralógicas, diferenciando pelo tipo de horizonte superficial e manifestação da coesão, ausente na parte mais baixa da paisagem.

Os solos estudados em ambiente de Brejo de Altitude são similares aos de Tabuleiros Costeiros, principalmente devido ao seu material de origem sedimentar congênere ao do Grupo Barreiras.

Não foi observado uma propriedade que explicasse a gênese do coeso, mas percebeu-se que está mais ligado a características físicas do que com químicas, pois os elementos Si e Al, obtidos pelos extratos de oxalato ácido de amônio do experimento foram baixos e as variações nos seus teores não justificam a manifestação da coesão.

A caulinita foi o argilomineral predominante nos solos estudados, podendo seu ajuste face a face contribuir para a formação dos horizontes coesos. A sua cristalinidade não é uma propriedade determinante nessa organização.

As propriedades micromorfológicas diferenciadoras de horizontes coesos e não coesos foram a quantidade e os tipos de fábricas birrefringentes e as pedofeições texturais de revestimentos e preenchimentos de argila pura.

As curvas de retenção de água do solo não foram sensíveis para distinguir os horizontes coesos dos demais horizontes, sendo a resistência a penetração (na umidade de 33 e 100 KPa) a análise física de maior eficiência para essa distinção.

O protocolo metodológico de extração seletiva de Si, Al e Fe em amostras indeformadas foi satisfatório, cujos teores extraídos com oxalato ácido de amônio foram semelhantes ao extraído na TFSA. Além disso, a lixiviação não promoveu alteração estrutural significativa, inferidas pela curva de retenção de água.

REFERÊNCIAS

ABRAHÃO, W. A. P; COSTA, L. M.; MELLO, J. W. V.; NEVES, J. C. L. Distribuição de frequência de tamanho da fração areia e compacidade relativa de solos desenvolvidos de sedimentos do grupo geológico barreiras. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 22, n. 1, p. 1–9, 1998.

Abreu CA, Lopes AS, Santos G. Micronutrientes. In.: **Fertilidade do solo**. Editores: Novais RF, Alvarez VH, Barros NF, Fontes RLF, Cantarutti RB, Neves JCN. Viçosa, MG. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007.

ACHÁ PANOSO, L. **Latossolo vermelho-amarelo de “Tabuleiro “ do Espírito Santo: Formação, características e classificação**. 1976. 116f. Tese (Doutorado em Ciência do Solo) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 1976.

ALMEIDA, J. A.; TORRENT J.; BARRÓN V. Cor de solo, formas do fósforo e adsorção de fosfatos em Latossolos desenvolvidos de basalto do extremo-sul do Brasil. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 27, n. 6, p. 985-1002, 2003.

ALMEIDA, B. G.; DONAGEMMA, G.K.; RUIZ, H. A.; BRAIDA, J.Á.; VIANA, J. H. M.; REICHERT, J. M. M.; OLIVEIRA, L.B.; CEDDIA, M. B.; WADT, O. S.; FERNANDES, R. B. A; PASSOS, R. R.; DECHEN, S. C. F.; KLEIN, V.A.; TEIXEIRA, W. G. **Padronização de Método de Análise Granulométrica no Brasil, ISSN 1517-5685**. Rio de Janeiro: Embrapa, 2012. 11p. (Comunicado Técnico, 66).

ANDRADE, G.O.; R.C. LINS. **Introdução ao estudo dos “brejos” pernambucanos**. Recife: Arquivos do ICT - Instituto de Ciências da Terra, Universidade do Recife. Vol. 2. 1964.

ANDRADE-LIMA, D. Present day forest refuges in Northeastern Brazil. In: PRANCE, G.T. (ed.). **Biological Diversification in the Tropics**. New York: Columbia University Press, 1982. p. 245-254.

ANDRADE LIMA, D. Estudos fitogeográficos de Pernambuco. **Anais da Academia Pernambucana de Ciência Agrônômica**, Recife, v. 4, p.243-274, 2007.

ANJOS, L.H.C. **Caracterização, gênese, classificação e aptidão agrícola de uma sequência de solos do terciário na região de Campos - RJ**. 1985. 194f. Dissertação. (Mestrado) – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Itaguaí, UFRRJ, 1985.

ARAÚJO FILHO, J. C. de; CARVALHO, A.; SILVA, F. B. R. e. Investigações preliminares sobre a pedogênese de horizontes coesos em solos dos Tabuleiros Costeiros do Nordeste do Brasil. In: WORKSHOP COESÃO EM SOLOS DOS TABULEIROS COSTEIROS, 2001, Aracaju. **Anais...** Aracaju: Embrapa Tabuleiros Costeiros, 2001. 339 p. p. 123-142.

ARAÚJO J. K. S. **Caracterização de Latossolos Amarelos Húmicos sob diferentes sistemas de manejo e avaliação da qualidade do solo no município de Brejão, Agreste de Pernambuco.** Dissertação (Pós-Graduação em Ciência do Solo) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2010.

ARAÚJO J. K. S. **Latossolos com horizonte A húmico na província Borborema: caracterização de solos e da matéria orgânica.** Dissertação (Pós-Graduação em Ciência do Solo) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2014.

ARAÚJO, J. K. S.; CORRÊA, M. M.; GALINDO, I. C. D. L.; DE SOUZA JÚNIOR, V. S. Caracterização de latossolos amarelos húmicos em um ambiente altimontano na região agreste do estado de Pernambuco, Brasil. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 28, n. 4, p. 1–13, 2015.

AZEVEDO AC, VIDAL-TORRADO P. Esmectita, vermiculita, minerais com hidróxido entre camadas e clorita. In: MELO VF, ALLEONI LRF. eds. **Química e mineralogia do solo: Conceitos básicos.** Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2009. v.1. p.381-426.

BERTSCH, P. M.; BLOOM, P.R. Aluminum. In: SPARKS, D. L. et al. (Eds.). **Methods of soil analysis.** SSA, Madisom, p. 517-550. (Book Series: 5), 1996.

BEZERRA C. E. E.; FERREIRA T. O.; ROMERO R.E.; MOTA J. C. A.; VIEIRA J. M.; DUARTE L. R. S.; COOPER M. Genesis of cohesive soil horizons from north-east Brazil: role of argilluviation and sorting of sand. **Australian Journal of Soil Research**, Austrália, v. 53, p. 43-55, 2014.

BREWER, R. **Fabric and mineral analysis fo soils.** University of Michigan: Wiley, 1964 New York: R.E. Krieger, 1976.

BROWN, G.; BRINDLEY, G. W. X-ray Diffraction Procedures for clay mineral Identification. In: _____. (Ed). **Crystal structures of clay minerals and their x-ray identification.** London: Mineralogical Society, 1980 chapter 5, p. 305-360.

BUCHER, E. H. Chaco and caatinga – South American arid savannas, woodlands and thickets. In: HUNTEY, B. J.; WALTHER, B. H. (Eds.). **Ecology of tropical savanas.** New York: Springer-Verlag, 1982. p. 48-79.

BULLOCK, P.; FEDOROFF, N.; JOGERIUS, A.; STOOPS, G.; TURSINA, T. **Handbook for soil thin section description.** Albrington, Waine Research, 1985.

CARVALHO, V. S. DE; RIBEIRO, M. R.; SOUZA JÚNIOR, V. S. DE; BRILHANTE, S. A. Caracterização de Espodosolos dos Estados da Paraíba e do Pernambuco, Nordeste do Brasil. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 37, n. 6, p. 1454-1463, 2013.

CABRAL, J. J. S. P.; BRAGA, R. A. P. B.; MONTENEGRO, S. M. G. L.; CAMPELLO, M. S. C.; LOPES FILHO, S. Recursos hídricos e os Brejos de Altitude. In: PÔRTO, K. C.; CABRAL, J. J. P.; TABARELLI, M. (Ed.). **Brejos de Altitude em Pernambuco e Paraíba: história natural, ecologia e conservação**. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2004. p. 31-48.

CALEGARI, M. R. **Ocorrência e significado paleoambiental do Horizonte A húmico em Latossolos**. 2008. 259 f. Tese (Doutorado). Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 2008.

CÂNDIDO, D. H.; NUNES, L. H. Influência da orografia na precipitação da área entre o vale do rio Tietê e a Serra da Mantiqueira. **GEOUSP - Espaço e Tempo**. São Paulo, n. 24, p. 08 - 27, 2008.

CASTRO, S. S. **Micromorfologia de solos, bases para descrição de lâminas delgadas. 2ª edição**. UNICAMP: Campinas; UFG: Goiânia, 2008. 143 p.

CAVALCANTI, D.; TABARELLI, M. Distribuição das plantas Amazônico-Nordestinas no centro de endemismo Pernambuco: Brejos de Altitude vs. Florestas de terras baixas. In: PÔRTO, K. C.; CABRAL, J. J. P.; TABARELLI, M. (Ed.). **Brejos de Altitude em Pernambuco e Paraíba: história natural, ecologia e conservação**. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2004. p. 285-293.

CHARTRES, C.J.; KIRBY, J.M.; RAUPACH, M. Poorly Ordered Silica and Aluminosilicates as Temporary Cementing Agents in Hard-Setting Soils. **Soil Science Society of America Journal**. Madison, v.54, p.1060-1067, 1990.

CINTRA, F. L. D.; RESENDE, R. S.; SILVA LEAL, M. L.; PORTELA, J. C. Efeito de volumes de água de irrigação no regime hídrico de solo coeso dos Tabuleiros e na produção de coqueiro. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 33, n. 4, p. 1041–1051, 2009.

CORRÊA, M. M. **Gênese de horizontes coesos e fragipãs de solos do ambiente Tabuleiros Costeiros**. 2005. 72 f. Tese () – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2005.

CORRÊA, M. M.; KER, J. C.; BARRÓN, V.; FONTES, M. P. F.; TORRENT, J.; CURI, N. Caracterização de óxidos de ferro de solos do ambiente Tabuleiros Costeiros. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.32, n. 3, p. 1017–1031, 2008a.

CORRÊA, M. M.; KER, J. C.; BARRÓN, V.; TORRENT, J.; FONTES, M. P. F.; CURI, N. Propriedades cristalográficas de caulinitas de solos do ambiente Tabuleiros Costeiros, Amazônia e recôncavo baiano. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.32, n. 5, p. 1857–1872, 2008b.

CORRÊA, M. M.; KER, J. C.; BARRÓN, V.; TORRENT, J.; CURI, N.; TORRES, T. C. P. Caracterização física, química, mineralógica e micromorfológica de horizontes coesos e fragipãs de solos vermelhos e amarelos do ambiente Tabuleiros Costeiros. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 32, n. 1, p. 297–313, 2008c.

CORRÊA, M. M.; KER, J. C.; DE ARAÚJO FILHO, J. C.; CAMÊLO, D. DE L. Formas de Ferro, silício e, ou, alumínio na gênese de fragipãs e horizontes coesos dos Tabuleiros Costeiros. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 39, n. 4, p. 940–949, 2015.

COSTA ACS, BIGHAM JM. Óxidos de ferro. In: MELO VF, ALLEONI LRF. eds. **Química e mineralogia do solo: Conceitos básicos**. Viçosa, MG, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2009. v.1. p.505-572.

CPRM - SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL. **Projeto cadastro de fontes de abastecimento por água subterrânea. Diagnóstico do município de Brejão**. Recife, 2005. 20 p.

DANTAS, J. S.; JÚNIOR, J. M.; FILHO, M. V. M.; RESENDE, J. M. DO A.; CAMARGO, L. A.; BARBOSA, R. S. Gênese de solos coesos do leste maranhense: relação solo-paisagem. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 38, n. 4, p. 1039–1050, 2014.

DREES, L. R.; WILDING, L. P.; SMECK, N. E.; SENKAYI, A. L. Silica in soils: Quartz and disordered silica polymorphs. **Soil Science Society of America**, Madison, v. 2, n. 1, p. 913-974, 1989.

EMBRAPA. **Levantamento de reconhecimento de baixa e média intensidade dos solos do Estado de Pernambuco**. Boletim de Pesquisa 11. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2000. 382 p.

EMBRAPA. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 2.ed. Rio de Janeiro, Embrapa Solos, 2006.

EMBRAPA. **Manual de métodos e análises de solos**. Rio de Janeiro, RJ: Embrapa Solos, 2011.

EMBRAPA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 3.ed. Brasília, DF: Embrapa, 2013. 353 p.

FERREIRA, R. V.; DANTAS, M. E.; SHINZATO, E. Origens das Paisagens. In: TORRES, F. S. M.; PFALTZGRAFF, P. A. S. **Geodiversidade do Estado de Pernambuco**. Recife: CPRM, 2014. 282p.

FOLK, R.L.; WARD, W. C. Brazos river bar: a study on the significance of grain-size parameters. **Journal of Sedimentary Petrology**, Tulsa, v. 27, n. 1, p. 3–26, 1957.

FONTES, M. P. F.; WEED, S. B. Iron oxides in selected brazilian oxisols: I. Mineralogy. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v. 55, n. 4, p. 1143-1149, 1991.

FONSECA, O. O. M. **Caracterização e classificação de solos Latossólicos e Podzólicos desenvolvidos nos sedimentos do terciário no litoral Brasileiro**. 1986. 185f. Dissertação (Tese de Mestrado) – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Itaguaí, 1986.

GIAROLA, N. F. B.; SILVA, A. P.; TORMESA, C.; SOUZA, L. S.; RIBEIRO, L. P. Similaridade entre o caráter coeso dos solos e o comportamento hardsetting: Estudo de caso. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 25, n. 1, p. 239-247, 2001.

GIAROLA, N.F.B.; SILVA, A.P. Conceitos sobre solos coesos e hardsetting. **Scientia Agricola**. Piracicaba, v. 59, p. 613-620. 2002.

GIAROLA, N.F.B.; SILVA, A.P.; TORMENA, C.; IMHOFF, S.; DEXTER, A. R. Contribution of natural soil compaction on hardsetting behavior. **Geoderma**. Amsterdam, v. 113, p.95-108, 2003.

GIAROLA, N. F. B.; LIMA, H. V. DE; ROMERO, R. E.; BRINATTI, A. M.; SILVA, A. P. DA. Mineralogia e cristalografia da fração argila de horizontes coesos de solos nos Tabuleiros Costeiros. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 33, n. 1, p. 33–40, 2009.

GOMES, J. B. V.; ARAÚJO FILHO, J. C. DE; CURI, N. Solos de Tabuleiros Costeiros sob florestas naturais e sob cultivo. **Pesquisa Florestal Brasileira**, Colombo, v. 32, n. 71, p. 233-246, 2012.

GUNAL, H.; RANSOM, M. D. Clay illuviation and calcium carbonate accumulation along a precipitation gradient in Kansas. **Catena**, Amsterdam, v. 68, n. 1, p. 59-69, 2006.

HUGHES, J. C.; BROWN, G. A crystallinity index for soil kaolins and its relation to parent rock, climate and soil nature. **European Journal of Soil Science**, Oxford, v. 30, n. 6, p. 557-563, 1979.

IBGE. **Manual Técnico da Vegetação Brasileira**. 2ª edição. Rio de Janeiro, 2012. 271 p. (Série Manuais Técnicos em Geociências 1).

ILER, R. K. **The Chemistry of Silica: Solubility, Polymerization, Colloid and Surface Properties and Biochemistry of Silica**. Wiley Interscience, New York, 1979.

ITEP, Instituto de Tecnologia de Pernambuco. **Relatório de Impacto Ambiental – implantação da barragem Brejão**. Secretaria de recursos hídricos. Governo de Pernambuco. 2013. 82p.

JACOMINE, P.K.T. Distribuição Geográfica, Características e Classificação dos Solos Coesos dos Tabuleiros Costeiros. In: REUNIÃO TÉCNICA SOBRE SOLOS DOS TABULEIROS COSTEIROS, 1996, Cruz das Almas. **Anais**. Cruz das Almas, EMBRAPA/UFBA. p.13-26. 1996.

JACOMINE, P.K.T. Evolução do conhecimento sobre solos coesos no Brasil. In: WORKSHOP COESÃO EM SOLOS DOS TABULEIROS COSTEIROS, Aracaju, 2001. **Anais**. Aracaju: Embrapa Tabuleiros Costeiros, 2001. p.19-46.

JACOMINE, P. K. T. Origem e evolução dos conceitos e definições de atributos, horizontes diagnósticos e das classes de solos do sistema brasileiro de classificação de solos (SiBICS). In: VIDAL-TORRADO, P.; ALLEONI, L. R. F.; COOPER, M.; SILVA, A. P.; CARDOSO, E. J. (Eds.). **Tópicos em ciência do solo**. Viçosa, MG, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2005. P.193-231.

JACOMINE, P.K.T.; CAVALCANTI, A.C.; BURGOS, N. **Levantamento exploratório - reconhecimento de solos do estado de Pernambuco**. Recife: SUDENE: Divisão de Pesquisa Pedológica, 1973. 418 p. (SUDENE: Divisão de Pesquisa Pedológica. Boletim Técnico, 26. Série Pedologia, 14).

JACKSON, M. L. **Soil Chemical Analysis Advanced Course. 2nd Edition**. Madison, Prentice-Hall, 1979.

JACKSON, M. L. **Soil chemical analysis: advance Course**. Madison, 1975.

JACKSON, M. L.; LIM, C. H.; ZELAZNY, L. W. Oxies, hydroxides, and aluminosilicates. In: KLUTE, A. (Ed.). **Methods of soils analysis. Parte 1: Physical and mineralogical methods**. Madison: American Society of Agronomy, 1986. p. 101-150.

JATOBA, L. **Introdução à morfoclimatologia dos ambientes secos**. Recife: UFPE, Departamento de Geografia. 1989.

JONGERIUS, A.; HEINTZBERGER, G. The preparation of mammoth-size thin sections. **Soil Survey**, Philadelphia, v. 98, n. 1, p. 3-37, 1964.

KOPPEN, W. Klassifikation der klimate nach tempetatur, niederschlag und jahreslauf. **Petermanns Geographische Mitteilungen**, Gotha, v. 64, p. 193-203, 1918.

KORNDÖRFER, G. H.; PEREIRA, H. S.; NOLLA, A. **Análise de silício: solo, planta e fertilizante. 2. ed.** Uberlândia: Instituto de Ciências Agrárias: Universidade Federal de Uberlândia, 2004. 34 p. (Instituto de Ciências Agrárias: Universidade Federal de Uberlândia. Boletim técnico, 2)

KRUMBEIN, W. C. Size frequency distribution of sediments. **Journal of Sedimentary Petrology**, Reston, v. 4, n. 2, p. 65-77, 1934.

LEAL, I. R.; TABARELLI, M.; SILVA, J. M. C. Ecologia e conservação da caatinga: uma introdução ao desafio. In: _____. (Ed.). **Ecologia e conservação da caatinga**. Recife: Ed. Universitária da UFPE, 2003. p. 13-16.

LIMA, A.R.F.; CAVALCANTI, A.O. Estudo sobre a posição dos brejos no sistema pernambucano. **Revista. Pernambucana de Desenvolvimento**, Recife, v. 2, n. 1, 1975.

LIMA, H. N.; MELLO, J. W. V.; SCHAEFER, C. E. G. R.; KER, J. C.; LIMA, A. M. N. Mineralogia e química de três solos de uma topossequência da bacia sedimentar do alto Solimões, Amazônia ocidental. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 30, n. 1, p. 59–68, 2006.

LIMA, H. V.; SILVA, A. P.; JACOMINE, P. T. K.; ROMERO, R. E.; LIBARDI, P. L. Identificação e caracterização de solos coesos no Estado do Ceará. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 28, n. 3, p. 467–476, 2004.

LIMA, H. V.; SILVA, A.P.; ROMERO, R.E.; JACOMINE, P.K.T. Comportamento físico de um argissolo acinzentado coeso no estado do Ceará. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. Viçosa, v. 29, p. 33-40. 2005.

LIMA NETO, J. A.; RIBEIRO, M. R.; CORRÊA, M. M.; DE SOUZA JÚNIOR, V. S.; LIMA, J. F. W. F.; FERREIRA, R. F. D. A. E. L. Caracterização e gênese do caráter coeso em latossolos amarelos e argissolos dos Tabuleiros Costeiros do estado de Alagoas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 33, n. 4, p. 1001–1011, 2009.

LIMA NETO, J. A.; RIBEIRO, M. R.; CORRÊA, M. M.; DE SOUZA JÚNIOR, V. S.; DE ARAÚJO FILHO, J. C.; LIMA, J. F. W. F. Atributos químicos, mineralógicos e micromorfológicos de horizontes coesos de latossolos e argissolos dos Tabuleiros Costeiros do estado de Alagoas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 34, n. 2, p. 473–486, 2010.

LINS, R.C. **Áreas de exceção do agreste de Pernambuco**. SUDENE/PSU/SER. Recife. 1989.

MARQUES, F. A. **Matéria orgânica de latossolos com horizonte A húmico Piracicaba I**. 2009. 144 f. Tese (Doutorado em ciências. Área de concentração: Solos e Nutrição de plantas) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 2009.

MARQUES, A. L.; SILVA, J. B.; SILVA, D. G. Refúgios úmidos do semiárido: um estudo sobre o Brejo de Altitude de areia – PB. **GEOTemas**, Pau dos Ferros, Rio Grande do Norte, Brasil, v.4, n.2, p.17-31, jul./dez., 2014.

MCKEAGUE, J. A. An evaluation of 0,1 M pyrophosphate and pyrophosphate dithionite in comparasion with oxalate as extractans of the accumulations products in podzols and some other soils. **Canadian Journal Soil Science**, Ottawa, v. 47, p. 95-99, 1967.

McDONALD, R.C.; ISBELL, R.F.; SPEIGHT, J.G.; WALKER, J.; HOPKINS, M.S. **Australian soil and land survey: field handbook**. 2.ed. Melbourne: CSIRO, 1998. 190p.

MCKEAGUE, J. A.; DAY, J. H. Dithionite and oxalate - extractable Fe and Al as Aids in differentiating various classes of soils. **Canadian Journal of Soil Science**, Ottawa, v.46, n. 1, p.13- 22, 1966.

MEHRA, O. P.; JACKSON, M. L. Iron oxide removal from soils clay by dithionite citrate system buffered with sodium bicarbonate. In: SWINEFORD, A. Ed. **Clay and clay minerals proceeding conference**. Elmsdorf, NY: Pergamon Press. 1960. P317-342.

MEIRELES, M.C.S.; RIBEIRO, L.P. Caracterização da sílica em horizontes coesos de solos de tabuleiros. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO. Viçosa, 1995. **Resumos expandidos**. Viçosa, MG, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. Universidade Federal de Viçosa, p.1688-1689. 1995.

MELO, V. F.; COSTA, L. M.; BARROS, N. F.; FONTES, M. P. F; NOVAIS, R. F. Reserva mineral e caracterização mineralógica de alguns solos do Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira Ciência do Solo**, Viçosa, v. 19, n. 2, p. 165-171, 1995.

MELO, V. F.; SINGH B, SCHAEFER CEGR, NOVAIS RF, FONTES MPF. Chemical and Mineralogical Properties of Kaolinite-Rich Brazilian Soils. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v. 65, n. 4, p. 1324-1333, 2001.

MELO, V. F.; SCHAEFER, C. E. G. R.; SINGH, B.; NOVAIS, R. F.; FONTES, M. P. F. Propriedades Químicas e cristalográficas Da Caulinita E Dos Óxidos De Ferro Em Sedimentos Do Grupo Barreiras No Município De Aracruz, Estado Do Espírito Santo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 26, n. 1, p. 53-64, 2002.

MELO, V. F.; SCHAEFER, C. E. G. R.; FONTES, L. E. F; CHAGAS, A. C.; LEMOS JÚNIOR, J. B.; ANDRADE, R. P. DE. Caracterização física, química e mineralógica de solos da colônia agrícola do Apiaú (Roraima, Amazônia), sob diferentes usos e após queima. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 30, n. 6, p. 1039–1050, 2006.

MELO VF, WYPYCH F. CAULINITA E HALOISITA. In: MELO VF, ALLEONI LRF. eds. **Química e mineralogia do solo; Conceitos básicos**. Viçosa, MG, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2009. v.1. p.427-504.

MIGUEL, P.; DALMOLIN, R. S. D.; PEDRON, F. DE A.; FINK, JR.; MOURA BUENO, J. M. Caracterização de plintitas e petroplintitas em solos da depressão central do Rio Grande do Sul. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 43, n. 6, p. 999-1005, 2013.

MOORE, D. M.; REYNOLDS, R. C. **X-ray diffraction and identification and analysis of clay minerals**. Oxford: Oxford University Press, 1989. 444 p.

MOREAU, A. M. S. S.; KER, J. C.; COSTA, L. M.; GOMES, F. H. Caracterização de solos de duas toposseqüências em Tabuleiros Costeiros do sul da Bahia. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 30, n. 6, p. 1007–1019, 2006.

MOREAU, A. M. S. S.; COSTA, L. M.; KER, J. C.; GOMES, F. H. Gênese de horizonte coeso, fragipã e duripã em solos do Tabuleiros Costeiros do sul da Bahia. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. Viçosa, v. 30, p. 1021-1030. 2006.

MOREAU, A. M. S. S.; COSTA, L. M.; KER, J. C.; GOMES, F. H. Gênese de horizonte coeso, fragipã e duripã em solos do Tabuleiros Costeiros do sul da Bahia. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 30, n. 6, p. 1021–1030, 2006.

MOURA, F. B. P. **A Mata Atlântica em Alagoas**. Maceió: EDUFAL, 2006.

MULLINS, C.E. Hardsetting soils. In: SUMNER, M.E. (Ed.). **Handbook of soil science**. New York: CRC Press, 1999. p.G65-G87.

MURPHY, C. P. Thin section preparation of soils and sediments. **Berkhamsterd: Academic Puvlics**, v. 147, n. 2, p. 213, 1986.

OLIVEIRA, J. T.; MOREAU, A. M. S. S.; PAIVA, A. Q.; MENEZES, A. A.; COSTA, O. V. Características físicas e carbono orgânico de solos sob diferentes tipos de uso da terra. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 32, n. spe., p. 2821–2829, 2008.

PONTE, C.M.; RIBEIRO, L.P. Estudo da gênese de horizontes coesos em uma toposseqüência na área do Candeal. **Escola de Agronomia da UFBA**. Salvador: IGEO/UFBA, 1990.

PÔRTO, K. C.; GERMANO, S. R.; BORGES, G. M. Avaliação dos Brejos de Altitude de Pernambuco e Paraíba, quanto à diversidade de briófitas, para a conservação. In: PÔRTO, K. C.; CABRAL, J. J. P.; TABARELLI, M. (Ed.). **Brejos de Altitude em Pernambuco e Paraíba: história natural, ecologia e conservação**. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2004. p. 79-97.

RAMOS, M. R. Agentes de coesão em latossolos amarelos: extrações: químicas e atributos físicos do solo. In: **Atributos de solos coesos e não coesos e o desenvolvimento de arbóreas nativas no município de Itaboraí-RJ**. 2013. 148 f. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal. Área de concentração: Conservação da Natureza) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2013.

RESENDE, M. **Pedologia**. Viçosa, MG, Universidade Federal de Viçosa, 1982. 100p.

REZENDE, J.O. **Solos coesos dos Tabuleiros Costeiros: limitações agrícolas e manejo**. Salvador, SEAGRI-SPA, 117p. 2000. (Série Estudos Agrícolas, 1).

RIBEIRO, L.P. Premiers resultas sur la genése des sols a horizons indures dans la region du Cruz das Almas, BA, Brésil. In: **table ronde sur l'organization et dynamique interne de la couverture pedologique**, Caen, 1991. Anais. Caen: CNRS, 1991.

RIBEIRO, L. P. **Os Latossolos Amarelos do Recôncavo Baiano: gênese, evolução e degradação**. Salvador: SEPLANTEC/CADCT, 1998. 99 p.

RIBEIRO, M. R. Características Morfológicas dos horizontes coesos dos solos dos Tabuleiros Costeiros. In: Workshop coesão em solos dos Tabuleiros Costeiros, Aracaju, 2001. **Anais...** Aracaju: EMBRAPA TABULEIROS COSTEIROS, 2001. P.161-168.

RONCHI, B.; CLYMANS, W.; BARÃO, A. L. P.; VANDEVENNE, F.; STRUYF, E.; BATELAAN, O.; DASSARGUES, A.; GOVERS, G. Transport of Dissolved Si from Soil to River: A Conceptual Mechanistic Model. **Silicon**, v.5, n. 1, p. 115-133, 2013.

SACCONE, L.; CONLEY, D. J.; KONING, E.; SAUER, D.; SOMMER, M.; KACZOREK, D.; BLECKER, S. W.; KELLY, E. F. Assising the extraction and quantification of amorphous sílica in soils of forest and grassland ecosystems. **European Journal Science**, Oxford, v. 58, p. 1446-1459, 2007.

SANTANA, M. B.; SOUZA, L. S.; SOUZA, D. S.; FONTES, L. E. Atributos físicos do solo e distribuição do sistema radicular de citros como indicadores de horizontes coesos em dois solos de Tabuleiros Costeiros do Estado da Bahia. **Revista Brasileira de Ciência do solo**, Viçosa, v. 30, p. 1-12, 2006.

SANTOS, E. J. J. **O Complexo Granítico Lagoa Das Pedras : Acresção e colisão na região de Floresta (Pernambuco), Província Borborema**. 1995. 249 f. Tese (Doutorado em Geoquímica e Geotectônica) - Universidade de São Paulo, São Paulo, 1995.

SANTOS, R. D.; SANTOS, H. G.; KER, J. C.; ANJOS, L. H. C; SHIMIZU, S. H. **Manual de descrição e coleta de solo no campo. 6.ed.** Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo; 2015. 102 p.

SCHWERTMANN U. Use of oxalate for Fe extraction from soils. **Canadian Journal Soil Science**, Ottawa, v. 53, p. 244-246, 1973.

SCHWERTMANN U.; TAYLOR R. M. Iron oxides. In: DIXON J. B.; WEED, S. B., (eds.). Minerals in soil environments. **Soil Science Society of America Journal**, Madison. p. 145-180, 1977.

SCHWERTMANN U.; TAYLOR R. M. Iron oxides. In: DIXON J. B.; WEED S. B. (Eds.). Minerals in soil environments. 2nd.ed. **Soil Science Society of America Journal**, Madison. p. 379-438, 1989.

SILVA, A. J. N.; RIBEIRO, M. R.; MERMUT, A. R.; BENKE, M. B. Influência do cultivo contínuo da cana-de-açúcar em Latossolos Amarelos coesos do estado de Alagoas: Propriedades micromorfológicas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 22, n. 3, p. 515–525, 1998.

SILVA, A. C.; VIDAL-TORRADO, P. Gênese dos Latossolos Húmicos e sua relação com a evolução da paisagem numa área cratônica do Sul de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 23, n. 2, p. 329–341, 1999.

SILVA, F. C. **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes. 2.ed.** Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2009. 20 p.

SIMAS, F. N. B.; SCHAEFER, C. E. G. R.; FERNANDES FILHO, E. I.; CHAGAS, A. C.; BRANDÃO, P. C. Chemistry, mineralogy and micropedology of highland soils on crystalline rocks of Serra da Mantiqueira, southeastern Brazil. **Geoderma**, Amsterdam, v. 125, n. 1, p. 187-201, 2005.

SOIL SURVEY DIVISION STAFF. **Soil survey manual**. United States Department of Agriculture, Natural Resources Conservation Service: Washington, 1993. 315 p.

SOUZA, L. S.; SOUZA, L. D.; CALDAS, R. C. Identificação da coesão com base em atributos físicos convencionais em solos dos Tabuleiros Costeiros. Classes de coesão para solos de Tabuleiros Costeiros. In: WORKSHOP COESÃO EM SOLOS DOS TABULEIROS COSTEIROS, Aracaju, 2001. **Anais**. Aracaju: Embrapa Tabuleiros Costeiros, 2001. 169-190p.

SOUZA, M. A. N.; LANGGUTH, A.; GIMENEZ, E. A. Mamíferos dos Brejos de Altitude Paraíba e Pernambuco. In: PÔRTO, K. C.; CABRAL, J. J. P.; TABARELLI, M. (Ed.). **Brejos de Altitude em Pernambuco e Paraíba: história natural, ecologia e conservação**. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2004. p. 229-254.

STOCH L. **Mineraly llaste ("Clay Minerals")**. Warsaw, Geological Publishers, 1974. p.186-193.

STOOPS, G.; JONGERIUS, Proposal for a micromorphological classification of soil materials. I. A Classification of related distribution of coarse and fine particles. **Geoderma**, Amsterdam, v. 13, n. 1, p. 189-200, 1975.

TABARELLI, M.; SANTOS, A. M. M. Uma breve descrição sobre a história natural dos brejos nordestinos. In: PÔRTO, K. C.; CABRAL, J. J. P.; TABARELLI, M. (Ed.). **Brejos de Altitude em Pernambuco e Paraíba: história natural, ecologia e conservação**. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2004. p. 17-24.

THEULEN, V. Conservação dos Brejos de Altitude no Estado de Pernambuco. In: PÔRTO, K. C.; CABRAL, J. J. P.; TABARELLI, M. (Ed.). **Brejos de Altitude em Pernambuco e Paraíba: história natural, ecologia e conservação**. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2004. P. 299-302.

UDDEN, J.A. (1914) Mechanical composition of clastic sediments. **Geological Society of America Bulletin**, New York, v. 25, n. 1, p. 655-744, 1914.

UFV - UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA. **Caracterização de solos e avaliação dos principais sistemas de manejo dos Tabuleiros Costeiros do Baixo Rio Doce e das regiões Norte do Estado do Espírito Santo e sua interpretação para uso agrícola**. Viçosa, MG, 1984. 153p.

VASCONCELOS SOBRINHO, J. As regiões naturais do Nordeste, o meio e a civilização. **Conselho de Desenvolvimento de Pernambuco**, Recife. 1971.

VIEIRA, J. M. **Contribuição de compostos de baixa cristalinidade e ciclos de umedecimento e secagem na gênese do caráter coeso em solos do Ceará.** 2013. Universidade Federal do Ceará; 2013. 113 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Solos e Nutrição de Plantas) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2013.

VISSER, S.A.; CAILLIER, M. Observations on the dispersion and aggregation of clays by humic substances, I. Dispersive effects of humic acids. **Geoderma**, Amsterdam, v. 42, p. 331-337, 1988.

VOLKOFF, B.; CERRI, C. C.; MELFI, A. J. Húmus e mineralogia dos horizontes superficiais de três solos de campos de altitude dos Estados de Minas Gerais, Paraná e Santa Catarina. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 8, p. 277-283, 1984.

WENTWORTH, C. K. A scale of grade and class terms for clastic sediments. **The Journal of Geology**, Virginia, v. 30, p. 377-392, 1922.

WHITNEY, D. L.; EVANS, B. W. Abbreviations for names of rock-forming minerals. **American Mineralogist**, Virginia, v. 95, n. 1, p. 185–187, 2010.

APÊNDICE

Descrição morfológica, análises físicas e químicas dos solos coesos numa topossequência em Brejo de Altitude pernambucano.

A – DESCRIÇÃO GERAL

Perfil – P1

Data – 03/02/2015

Classificação – LATOSSOLO AMARELO Distrófico típico, textura argilosa, A proeminente, fase floresta subperenifólia, relevo plano.

Localização – Margem esquerda da Rodovia PE-218, km 3, a 18,4 km de Garanhuns-PE, sentido Garanhuns-Brejão. Coordenadas 8°59'28.20"S e 36°32'18.40" W.

Situação, declividade e cobertura vegetal sobre o perfil – Corte de estrada situada em terço inferior de encosta, sob pastagem da fazenda Matari.

Altitude – 805 m

Litologia e cronologia – Terciário. Cobertura sedimentar delgada sobre ortognaisses do Complexo Belém do São Francisco.

Material de origem – Cobertura de material sedimentar argilo-arenoso.

Pedregosidade – Não pedregoso.

Rochosidade – Não rochoso.

Relevo local – Plano e suave ondulado.

Relevo regional – Plano e suave ondulado.

Erosão – Não aparente.

Drenagem – Bem drenado.

Vegetação primária – Floresta tropical subperenifólia.

Uso atual – Consórcio pastagem-milho.

Clima – As' da classificação de Köppen (1918).

Descrito e coletado por – E. U. C Costa, M. M. Corrêa, J. F. W. F. Lima e J. C. Silva Filho.

B - DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA

Ap – 0 - 20 cm; bruno-acinzentado muito escuro (10YR 3/2, úmido); argilo arenosa; moderada e forte pequena granular; muitos poros; ligeiramente dura e dura, friável, plástica e ligeiramente pegajosa; transição gradual e plana.

A – 20 - 40 cm; bruno-escuro (10YR 3/3, úmido); argila; fraca pequena a média blocos subangulares e fraca pequena granular; muitos poros; dura, friável, plástica e ligeiramente pegajosa; transição gradual e plana.

AB – 40 - 73 cm; bruno-escuro (10YR 3/3, úmido); argila; fraca média blocos subangulares; muitos poros; dura, friável, plástica e ligeiramente pegajosa; transição gradual e plana.

BA – 73 - 92 cm; bruno-escuro (10YR 4/3, úmido); argila; fraca média blocos subangulares; muitos poros; dura, friável, plástica e ligeiramente pegajosa; transição clara e plana.

Bw1 – 92 - 143 cm; bruno-amarelado-escuro (10YR 4/4, úmido); argila; fraca pequena a média blocos subangulares; muitos poros; ligeiramente dura, muito friável, plástica e ligeiramente pegajosa; transição gradual e plana.

Bw2 – 143 - 180 cm⁺; bruno-amarelado (10YR 5/8, úmido); muito argilosa; fraca pequena a média blocos subangulares; muitos poros; ligeiramente dura e dura, muito friável, plástica e ligeiramente pegajosa.

Raízes – Muitas em Ap; comuns no A; poucas no AB, BA, Bw1 e Bw2.

Observações:

1. No horizonte A os blocos são mais expressivos;
2. No horizonte A há alta atividade biológica (presença de cupinzeiro);
3. O horizonte Bw1 apresenta inclusão do horizonte Bw2 de forma esférica e diâmetro de 1 a 3 cm.

C – ANÁLISES FÍSICAS E QUÍMICAS

Horizonte		Composição Granulométrica						Densidade		Porosidade	
Símbolo	Prof.	Areia Grossa	Areia Fina	Silte	Argila	ADA	GF	Silte/Argila	Solo		Partícula
	(cm)	g kg ⁻¹						%	Mg m ⁻³		%
Ap	0-20	378	135	102	385	193	46	0,23	1,37	2,56	46
A	20-40	309	114	57	520	295	32	0,18	1,32	2,62	50
AB	40-73	269	125	57	549	0	34	0,13	1,36	2,63	48
BA	73-92	262	127	62	549	0	100	0,11	1,29	2,65	51
Bw1	92-143	259	121	51	569	0	100	0,11	1,25	2,65	53
Bw2	143-180 ⁺	207	104	37	652	0	100	0,10	1,23	2,67	54

Água	pH	KCl	ΔpH	Ca ⁺⁺	Bases trocáveis			SB	Al ³⁺	H + Al	CTC	V	m	P
					Mg ⁺⁺	K ⁺	Na ⁺							
					cmol _c kg ⁻¹							%	%	g kg ⁻¹
5,2		4,3	-0,9	1,8	2,1	0,01	0,03	3,9	1,1	5,5	9	41	22	0,03
4,7		3,8	-0,9	1,2	0,9	0,01	0,03	2,1	1,2	5,5	8	28	35	0,00
4,5		3,9	-0,7	0,9	0,7	0,02	0,03	1,7	1,8	4,1	6	29	50	0,01
4,6		3,9	-0,7	1,0	0,6	0,00	0,03	1,6	1,1	4,2	6	27	41	0,01
4,7		4,0	-0,7	1,1	0,6	0,00	0,02	1,7	1,3	3,2	5	35	43	0,01
4,8		4,1	-0,7	1,0	0,3	0,00	0,02	1,4	0,4	2,5	4	36	22	0,02

Óxidos da Digestão Sulfúrica						Carbono Orgânico	Matéria Orgânica
SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	SiO ₂ /Al ₂ O ₃	SiO ₂ /Al ₂ O ₃ + Fe ₂ O ₃	Al ₂ O ₃ /Fe ₂ O ₃		
g kg ⁻¹						g kg ⁻¹	
						Ki	Kr
						21,15	36,46
						13,00	22,41
						8,00	13,79
						7,45	12,84
						5,28	9,10
						3,75	6,47

A – DESCRIÇÃO GERAL

Perfil – P2

Data – 03/02/2015

Classificação – LATOSSOLO AMARELO Distrocoeso argissólico, textura argilosa, A proeminente, fase floresta subperenifólia, relevo plano.

Localização – Margem direita da Rodovia PE-218, km 4, a 19,3 km de Garanhuns-PE, sentido Garanhuns-Brejão. Coordenadas 8° 59' 30,78" S e 36° 32' 48,00" W Gr.

Situação, declividade e cobertura vegetal sobre o perfil – Trincheira situada em terço médio de encosta, sob pastagem de *Brachiaria decumbens* na fazenda de Eliaz.

Altitude – 818 m

Litologia e cronologia – Terciário. Cobertura sedimentar delgada sobre ortognaisses do Complexo Belém do São Francisco.

Material de origem – Cobertura de material sedimentar argilo-arenoso.

Pedregosidade – Não pedregoso.

Rochosidade – Não rochoso.

Relevo local – Plano.

Relevo regional – Plano e suave ondulado.

Erosão – Não aparente.

Drenagem – Bem drenado.

Vegetação primária – Floresta tropical subperenifólia.

Uso atual – Pastagem com *Brachiaria decumbens*.

Clima – As' da classificação de Köppen.

Descrito e coletado por – M. M. Corrêa, J. F. W. F. Lima, E. U. C Costa e J. C. Silva Filho.

B - DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA

Ap – 0 - 17 cm; bruno-acinzentado muito escuro (10YR 3/2, úmido); franco argilo arenosa; moderada e forte pequena e média granular; muitos poros; ligeiramente dura, muito friável, ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa; transição gradual e plana.

A – 17 - 45 cm; bruno-escuro (10YR 3/3, úmido); argila; moderada média granular e fraca pequena a média blocos subangulares; muitos poros; ligeiramente dura, friável, ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa; transição gradual e plana.

AB – 45 - 63 cm; bruno-escuro (10YR 3/3, úmido); argila; fraca média blocos subangulares; muitos poros; muito dura, firme, plástica e pegajosa; transição gradual e plana.

BA – 63 - 90 cm; bruno-escuro (10YR 4/3, úmido); argila; maciça, moderadamente coesa, muitos poros; dura, friável, plástica e pegajosa; transição gradual e plana.

Bw1 – 90 - 120 cm; bruno-amarelado-escuro (10YR 4/4, úmido); argila; fraca pequena e média blocos subangulares; muitos poros; dura, muito friável, plástica e pegajosa; transição difusa e plana.

Bw2 – 120 - 170 cm⁺; bruno-amarelado (10YR 5/8, úmido); muito argilosa; fraca média blocos subangulares; muitos poros; macia e ligeiramente dura, muito friável, plástica e pegajosa.

Raízes – Muitas em Ap e A; poucas no AB, BA, Bw1 e Bw2.

Observações:

1. Os horizontes AB e BA exibem maior resistência ao martelo pedológico;
2. Na base do horizonte BA ocorre mosqueados poucos, pequeno e médio, distinto (coloração vermelha);
3. O horizonte Bw1 exhibe na sua massa inclusões de matéria do Bw2, com diâmetro variando de 1 a 4 cm, aspecto arredondado, quantidade muito pouca (2%).

C – ANÁLISES FÍSICAS E QUÍMICAS

Horizonte		Composição Granulométrica							Densidade		Porosidade
Símbolo	Prof.	Areia Grossa	Areia Fina	Silte	Argila	ADA	GF	Silte/Argila	Solo	Partícula	
	(cm)	g kg ⁻¹					%		Mg m ⁻³		%
Ap	0-17	453	153	88	306	143	53	0,29	1,04	2,53	59
A	17-45	423	129	82	366	203	44	0,23	1,35	2,63	49
AB	45-63	296	117	57	530	346	35	0,11	1,51	2,67	44
BA	63-90	288	118	54	540	336	38	0,10	1,19	2,67	55
Bw1	90-120	271	134	68	527	0	100	0,13	1,19	2,71	56
Bw2	120-170 ⁺	199	98	52	651	0	100	0,08	1,31	2,69	51

Água	pH	KCl	ΔpH	Ca ⁺⁺	Bases trocáveis		Na ⁺	SB	Al ³⁺	H + Al	CTC	V	m	P
					Mg ⁺⁺	K ⁺								
					cmol _c kg ⁻¹						%	%	g kg ⁻¹	
5,1		4,4	-0,7	2,2	2,9	0,01	0,02	5,2	0,5	5,1	10	50	8	0,52
4,8		3,9	-0,9	1,3	1,1	0,01	0,02	2,4	1,4	5,7	8	30	36	0,01
4,6		3,9	-0,6	1,1	1,0	0,01	0,02	2,1	1,8	4,5	7	32	46	0,10
4,9		3,9	-0,9	1,0	0,8	0,00	0,02	1,9	1,2	4,4	6	30	38	0,11
5,0		4,0	-1,0	1,0	0,6	0,00	0,03	1,7	0,8	2,8	4	37	31	0,23
4,8		4,1	-0,7	0,9	0,5	0,01	0,02	1,4	0,6	1,9	3	43	28	0,25

Óxidos da Digestão Sulfúrica						Carbono Orgânico	Matéria Orgânica
SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	SiO ₂ /Al ₂ O ₃	SiO ₂ /Al ₂ O ₃ + Fe ₂ O ₃	Al ₂ O ₃ /Fe ₂ O ₃		
g kg ⁻¹			Ki	Kr		g kg ⁻¹	
						21,76	37,52
						12,62	21,76
						7,63	13,15
						6,66	11,48
						4,14	7,14
						2,86	4,93

A – DESCRIÇÃO GERAL

Perfil – P3

Data – 28/04/2015

Classificação – LATOSSOLO AMARELO Distrocoeso argissólico, textura argilosa, A proeminente, fase floresta subperenifólia, relevo plano.

Localização – Margem direita da Rodovia PE-218, entre os km 4 e 5; a 19,8 km de Garanhuns-PE, sentido Garanhuns-Brejão. Coordenadas 8° 59' 26,2" S e 36° 33' 8,1" W Gr.

Situação, declividade e cobertura vegetal sobre o perfil – Trincheira situada em terço médio de encosta, sob pastagem na fazenda de Pedro.

Altitude – 838 m

Litologia e cronologia – Terciário. Cobertura sedimentar delgada sobre ortognaisses do Complexo Belém do São Francisco.

Material de origem – Cobertura de material sedimentar argilo-arenoso.

Pedregosidade – Não pedregoso.

Rochosidade – Não rochoso.

Relevo local – Plano.

Relevo regional – Plano e suave ondulado.

Erosão – Não aparente.

Drenagem – Bem drenado.

Vegetação primária – Floresta tropical subperenifólia.

Uso atual – Pastagem com *Brachiaria decumbens*.

Clima – As' da classificação de Köppen.

Descrito e coletado por – M. M. Corrêa, E. U. C Costa e A. J. Souza Junior

DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA

A1 – 0 - 16 cm; bruno-acinzentado muito escuro (10YR 3/2, úmido); franco argilo arenosa; moderada e forte pequena e média granular; muitos poros; ligeiramente dura, muito friável, ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa; transição gradual e plana.

A2 – 16 - 40 cm; bruno-acinzentado muito escuro (10YR 3/2, úmido); argila arenosa; moderada e forte pequena granular; muitos poros; ligeiramente dura, friável, ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa; transição gradual e plana.

AB– 40 - 72 cm; bruno-acinzentado muito escuro (10YR 3/2, úmido); argila; fraca pequena e média blocos subangulares; muitos poros; muito dura, firme, plástica e pegajosa; transição gradual e plana.

BA – 72 - 98 cm; bruno-escuro (10YR 3/3, úmido); argila; maciça, moderadamente coesa, muitos poros; dura, friável, plástica e pegajosa; transição gradual e plana.

Bw1 – 98 - 125 cm; bruno-amarelado-escuro (10YR 4/4, úmido); muito argilosa; fraca pequena blocos subangulares e maciça moderadamente coesa; muitos poros; dura, muito friável, plástica e pegajosa; transição difusa e plana.

Bw2 – 125 - 160 cm⁺; bruno-amarelado (10YR 5/8, úmido); muito argilosa; fraca média e média blocos subangulares; muitos poros; macia e ligeiramente dura, muito friável, plástica e pegajosa.

Raízes – Muitas em A1 e A2; poucas em AB e raras em BA, Bw1 e Bw2, com poucas nos bolsões.

Observações:

1. A maior expressividade do horizonte coeso ocorre no BA e no topo do Bw1;
2. O horizonte Bw1 exhibe na sua massa inclusões de matéria do Bw2, com diâmetro de 1 cm, aspecto arredondado;
3. A partir do AB as raízes muito finas se restringem a bolsões com materiais mais soltos ou friáveis, provavelmente de atividades biológicas.

C – ANÁLISES FÍSICAS E QUÍMICAS

Horizonte		Composição Graunulométrica						Densidade		Porosidade	
Símbolo	Prof.	Areia Grossa	Areia Fina	Silte	Argila	ADA	GF	Silte/Argila	Solo		Partícula
	(cm)	g kg ⁻¹						%	Mg m ⁻³		%
A1	0-16	597	80	60	263	142	46	0,23	1,37	2,56	46
A2	16-40	412	131	69	388	265	32	0,18	1,32	2,62	50
AB	40-72	316	114	64	506	334	34	0,13	1,36	2,63	48
BA	72-98	266	97	65	572	0	100	0,11	1,29	2,65	51
Bw1	98-125	223	95	68	614	0	100	0,11	1,25	2,65	53
Bw2	125-160 ⁺	226	95	62	617	0	100	0,10	1,23	2,67	54

Água	pH	KCl	ΔpH	Ca ⁺⁺	Bases trocáveis		Na ⁺	SB	Al ³⁺	H + Al	CTC	V	m	P			
					Mg ⁺⁺	K ⁺						%	%	g kg ⁻¹			
													cmol _c kg ⁻¹				
5,4		4,5	-0,9	1,4	1,3	0,02	0,02	2,8	0,0	5,2	8	35	0	1,20			
4,8		3,9	-1,0	1,3	0,6	0,01	0,02	1,9	1,6	7,7	10	20	45	0,22			
4,8		3,9	-0,9	1,0	0,5	0,01	0,02	1,5	2,1	6,0	8	20	57	0,07			
4,9		3,9	-1,0	0,7	0,5	0,00	0,02	1,3	1,7	5,5	7	19	57	0,13			
4,9		4,0	-0,9	1,2	0,7	0,00	0,02	1,9	0,8	4,5	6	29	29	0,23			
5,1		4,1	-1,0	1,0	0,7	0,00	0,01	1,7	0,7	3,0	5	36	29	0,25			

Óxidos da Digestão Sulfúrica						Carbono Orgânico	Matéria Orgânica
SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	SiO ₂ /Al ₂ O ₃	SiO ₂ /Al ₂ O ₃ + Fe ₂ O ₃	Al ₂ O ₃ /Fe ₂ O ₃		
g kg ⁻¹						g kg ⁻¹	
						17,76	30,62
						12,38	21,34
						7,67	13,22
						6,97	12,02
						4,57	7,88
						3,11	5,37

A – DESCRIÇÃO GERAL

Perfil - P4

Data – 04/02/2015

Classificação – LATOSSOLO AMARELO Distrocoeso argissólico, textura argilosa, A Húmico, fase floresta subperenifólia, relevo plano.

Localização – Margem direita da Rodovia PE-218, entre o km 5 e 6, a 20,6 km de Garanhuns-PE, sentido Garanhuns-Brejão. Coordenadas 8° 59' 23,9" S e 36° 33' 28,5" W Gr.

Situação, declividade e cobertura vegetal sobre o perfil – Trincheira situada em topo de encosta praticamente plano, sob floresta subperenifólia de formação secundária.

Altitude – 855 m

Litologia e cronologia – Terciário. Cobertura sedimentar delgada sobre ortognaisses do Complexo Belém do São Francisco.

Material de origem – Cobertura de material sedimentar argilo-arenoso.

Pedregosidade – Não pedregoso.

Rochosidade – Não rochoso.

Relevo local – Plano.

Relevo regional – Plano e suave ondulado.

Erosão – Não aparente.

Drenagem – Bem drenado.

Vegetação primária – Floresta tropical subperenifólia.

Uso atual – Área de preservação.

Clima – As' da classificação de Köppen.

Descrito e coletado por – M. M. Corrêa, J. F. W. F. Lima, E. U. C Costa e J. C. Silva Filho.

DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA

A1 – 0 - 15 cm; bruno-acinzentado muito escuro (10YR 3/2, úmido); franco argilo arenosa; moderada e forte pequena e média granular; muitos poros; muito friável, ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa; transição gradual e plana.

A2 – 15 - 35 cm; bruno-escuro (10YR 3/3, úmido); argila arenosa; moderada pequena a média granular e fraca pequena blocos subangulares; muitos poros; friável, ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa; transição gradual e plana.

A3 – 35 - 67 cm; bruno-escuro (10YR 3/3, úmido); argila arenosa; fraca pequena granular e em blocos subangulares; muitos poros; friável, ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa; transição gradual e plana.

AB – 67 - 100 cm; bruno-escuro (10YR 4/3, úmido); argila; fraca pequena blocos subangulares; muitos poros; friável, ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa; transição difusa e plana.

BA – 100 - 135 cm; bruno-amarelado-escuro (10YR 4/4, úmido); argila; maciça moderadamente coesa e fraca pequena blocos subangulares; muitos poros; friável e firme, plástica e pegajosa; transição gradual e plana.

Bw – 135 - 180 cm⁺; bruno-amarelado (10YR 5/8, úmido); argila; fraca muito pequena blocos subangulares; muitos poros; friável, plástica e pegajosa.

Raízes – Muitas em A1, A2 e A3; comuns no AB; poucas no BA; raras no Bw.

Observações:

Sem observações.

C – ANÁLISES FÍSICAS E QUÍMICAS

Horizonte		Composição Graunulométrica				ADA	GF	Silte/ Argila	Densidade		Porosidade
Símbolo	Prof.	Areia Grossa	Areia Fina	Silte	Argila				Solo	Partícula	
	(cm)	g kg ⁻¹				%	Mg m ⁻³		%		
A1	0-15	473	103	88	336	153	54	0,26	1,20	2,58	54
A2	15-35	401	136	93	370	165	55	0,25	1,30	2,67	51
A3	35-67	402	121	67	410	0	100	0,16	1,41	2,64	46
AB	67-100	284	112	73	531	0	100	0,14	1,46	2,65	45
BA	100-135	292	119	58	531	0	100	0,11	1,34	2,64	49
Bw	135-180 ⁺	248	106	55	591	0	100	0,09	1,19	2,69	56

Água	pH	KCl	ΔpH	Ca ⁺⁺	Bases trocáveis			SB	Al ³⁺	H + Al	CTC	V	m	P
					Mg ⁺⁺	K ⁺	Na ⁺							
cmol _c kg ⁻¹											%	%	g kg ⁻¹	
4,3		3,6	-0,7	1,2	0,8	0,01	0,02	2,0	1,2	10,0	12	17	37	0,07
4,5		3,8	-0,8	0,9	0,6	0,01	0,02	1,6	2,3	7,8	9	17	59	0,13
4,2		3,8	-0,4	1,0	0,5	0,00	0,01	1,4	2,1	6,9	8	17	59	0,07
4,5		3,9	-0,6	0,8	0,5	0,00	0,02	1,3	1,5	6,7	8	16	53	0,23
4,5		3,9	-0,6	0,8	0,4	0,00	0,01	1,3	1,2	5,0	6	21	47	0,20
4,8		4,1	-0,7	0,8	0,6	0,01	0,02	1,5	0,8	3,3	5	31	35	0,25

Óxidos da Digestão Sulfúrica						Carbono Orgânico *	Matéria Orgânica*
SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	SiO ₂ /Al ₂ O ₃	SiO ₂ /Al ₂ O ₃ + Fe ₂ O ₃	Al ₂ O ₃ /Fe ₂ O ₃		
g kg ⁻¹						g kg ⁻¹	
Ki						Kr	
						31,13	53,67
						28,36	48,89
						18,87	32,53
						14,06	24,24
						10,07	17,36
						6,40	11,03

* Resultados obtidos da Dissertação de Araújo (2010).